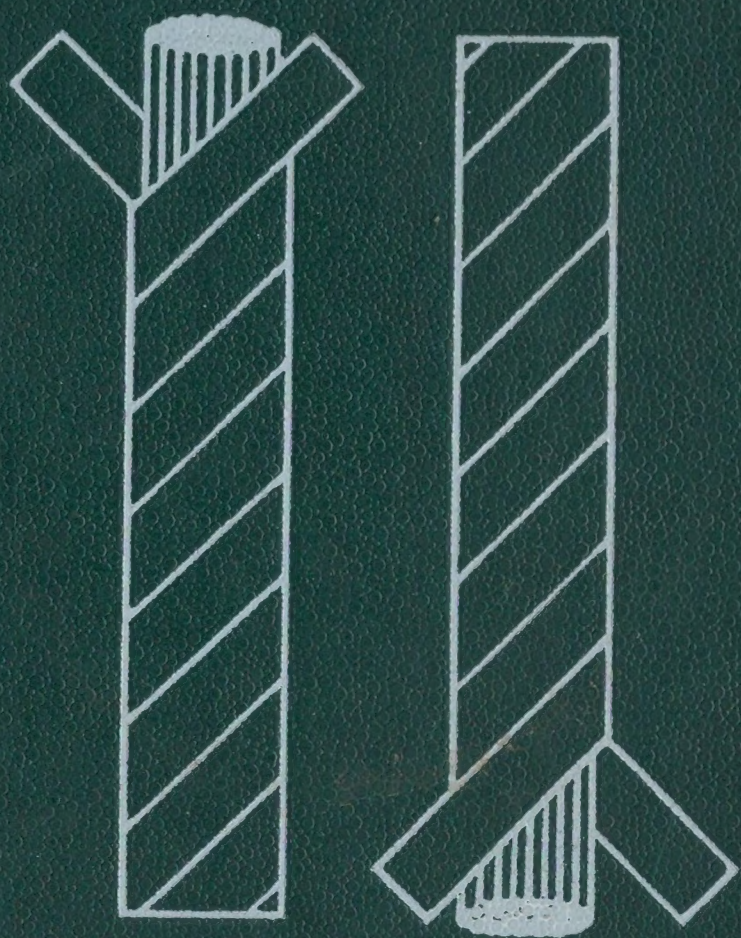


ن. بيريلموتر

اللف والعزل

في المكثات والمحويلات الكهربائية



دار «مير» موسكو

الف واما في المكثات والمحويلات الكهربائية

الف والعزل

في المكينات والمحولات الكهربائية

ن. بيريلموتير

اللف والعزل

في المكنات والمحويلات

الكهربائية

ترجمة
المهندس عيسى الزيدى



دار «مير» موسكو

Н. М. Перельмутер

**ЭЛЕКТРОМОНТЕР-ОБМОТЧИК И ИЗОЛИРОВЩИК
ПО РЕМОНТУ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН
И ТРАНСФОРМАТОРОВ**

Москва «Высшая школа»

الإنعام بظلال

تأليف: محمد توفيق

في بيت أبيه

На арабском языке

ISBN 5-03-000167-0

© حقوق الترجمة الى اللغة العربية محفوظة لدار «مير» ١٩٨٨
© Издательство «Высшая школа», 1984

تركيب المحولات

البند ١ - تصنيف المحولات والغاية منها

تستخدم محولات القدرة لتحويل الفلطية فى شبكات التيار المتناوب. ويسمى المحول بالرافع اذا كان يرفع الفلطية ، ويسمى بالخافض اذا كان يخفضها ، كما ان المحول نفسه يمكن ان يستخدم لرفع الفلطية وخفضها أيضا .

والمحول هو عبارة عن تجهيزة كهرومغناطيسية استاتية ، اجزاؤها الرئيسية هى الموصل المغناطيسى (الدائرة المغناطيسية) والملفات . ويسمى الموصل المغناطيسى مع الملفات المركبة عليه بالجزء الفعال للمحول . اما العناصر المركبة الاخرى مثل ادوات التثبيت والماخذ المعزولة والخزان وغيرها ، فتسمى بالاجزاء المساعدة وغير الفعالة .

تصنف المحولات بالطريقة التالية :

- حسب نوع التبريد: المحولات الجافة (بالتبريد الهوائى) ، والمحولات الزيتية (التبريد بالزيت) ؛
- حسب عدد الاطوار : المحولات الوحيدة الطور والمتعددة الاطوار ، بما فى ذلك المحولات الثلاثية الاطوار ، التى حظيت باستخدام واسع فى الشبكات الكهربائية ؛
- حسب شكل الموصل المغناطيسى : محولات ذات قلب حديدى ، ومحولات مغلفة ، ومحولات مغلفة ذات قلب ، ومحولات حلقيه ؛
- حسب عدد الملفات : محولات بمفيلين او بعدة ملفات (ملف واحد اولى وملفان ثانويان او أكثر) ؛
- حسب تصميم الملفات : محولات بملفات متمركزة أو متوالية .

وتثبت من قبل المصنع لوحة خاصة على المحول ، تكتب عليها المعطيات المقدرة ، كما ورد ذلك فى السجل المصنعي للمحول ، اى المدلولات الاساسية (القدرة والفلطية وشدة التيار ومعامل الكفاية وغير ذلك) ، التى تحدد نظام العمل المحسوب لهذا المحول . ويستخدم كذلك مصطلح «nominal» (المقدر او الاسمى) من اجل المقادير التى لا تذكر على اللوحة الخاصة ، ولكنها تتعلق بنظام العمل المقدر (فقدان الطاقة التقديرى فى فولاذ المحول وفى نحاس ملفاته والفقدان المقدر للفلطية وغير ذلك) . وتتميز المحولات ايضا بالظروف المحددة لمكان تركيبها وتبريدها . فمثلا ، بالنسبة لمحولات القدرة الثلاثية الاطوار ، التى تبرد بالزيت وتستخدم لاغراض عامة ، تكون الظروف المقدرة لمكان تركيبها ، هى ان لا يزيد ارتفاعها عن ١٠٠٠ م عن مستوى سطح البحر .

تحدد قدرة المحول ذى الملفين حسب القدرة التقديرية لكل من الملفين ، اما فى المحول الثلاثى الملفات فتؤخذ القدرة الأكبر لملفاته الثلاثة . والقدرة التقديرية لملف المحول هى قدرته الكاملة فى الفرع الرئيسى (لان الملف قد يحتوى على عدة فروع) التى يضمنها المصنع اثناء نظام العمل المحسوب له ، وفى الظروف المقدرة لمكان التركيب ووسط التبريد ، كما يتحدد التيار المقدر لملف المحول حسب قدرته وفلطيته التقديريتين . تقسم المحولات الشاملة الاغراض تبعا لقدرتها وفلطيتها الى المجموعات التالية :

- I — محولات قدرتها اقل من ١٠٠ كيلو فولط أمبير ، وفلطيتها العليا تقل عن ٣٥ كيلو فولط ؛
- II — محولات قدرتها اعلى من ١٠٠ كيلو فولط أمبير وأقل من ١٠٠٠ كيلو فولط أمبير ، وفلطيتها العليا اقل من ٣٥ كيلو فولط ؛
- III — محولات قدرتها اعلى من ١٠٠٠ كيلو فولط أمبير ، وفلطيتها العليا اقل من ٣٥ كيلو فولط ؛
- IV — محولات قدرتها اعلى من ٦٣٠٠ واطل من ٣٢٠٠٠ كيلو فولط أمبير ، وفلطيتها العليا اقل من ٣٥ كيلو فولط ؛

V - محولات قدرتها اعلى من ٣٢٠٠٠ كيلو فولط أمبير ، وفلطيتها اعلى من ٣٥ وأقل من ١١٠ كيلو فولط .

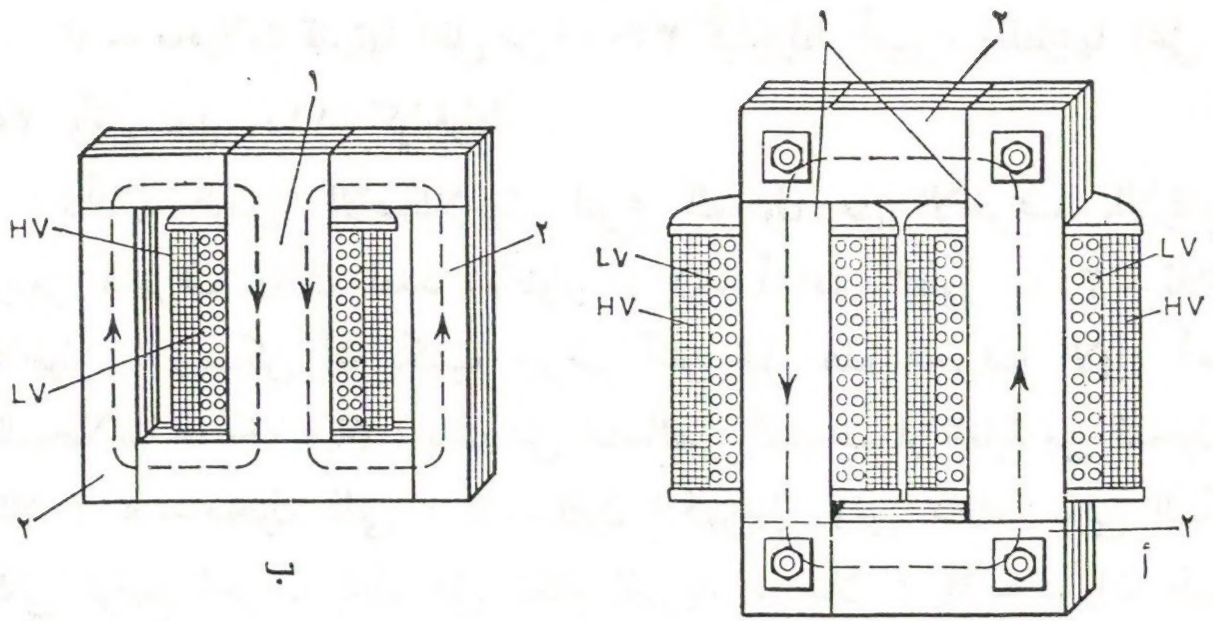
تتألف الرموز الاصطلاحية لنوع المحول من الاحرف والارقام . ويرمز الحرف الاول لعدد الاطوار : O - أحادى الطور ، T - ثلاثى الاطوار . ويمكن أن يكتب حرف آخر قبل هذا الحرف الاول أحيانا (للمحولات المتخصصة) ، يدل على خصائص التصميم او الغاية من المحول ، مثلا : A - محول ذاتى ، ∅ - للفرن الكهربائى وغير ذلك . وفى المكان الثانى توضع احرف تدل على نظام التبريد ، مثلا : M - دوران طبيعى للزيت والهواء (تبريد زيتى طبيعى) ؛ D - دوران قسرى للهواء مع دوران طبيعى للزيت ؛ DC - دوران قسرى للهواء والزيت ، C - دوران قسرى للماء والزيت ، C - تبريد طبيعى بالهواء والتصميم مكشوف (جاف) ، C3 - تبريد طبيعى بالهواء والتصميم محمى بهيكل واق . وفى المكان الثالث يكتب الحرف الذى يدل على الخواص الاضافية للمحول ، فمثلا : H - تدل على ان فلطية المحول تضبط تحت الحمولة .

اما القسم الرقمى للرموز فيتألف من كسر يرمز بسطه (صورته) لقدرة المحول المقدرة بالكيلوفولط أمبير ، ويرمز مقامه (مخرجه) الى فلطية الملف ذى الفلطية العليا (صنف الفلطية) بالكيلوفولط . وبالنسبة للمحولات المصنوعة قبل عام ١٩٧٥ فيضاف الى الرموز الرقمية المذكورة ، رقم يدل على سنة الصنع (الرقمان الاخيران) وكذلك رموز الظروف المناخية لاماكن تشغيلها .

البند ٢ - المحولات الأحادية الطور

تقسم المحولات الأحادية الطور حسب شكل المنظومة المغناطيسية الى محولات ذات قلب حديدى ، ومحولات مغلفة .

ففى المحولات الأحادية الطور ذات القلب (شكل ١ - أ) يوجد مقرنان (نيران) يغلقان الدائرة المغناطيسية بجوار السطوح الطرفية للملفات دون



الشكل ١ - المحولات الأحادية الطور :

أ - محول ذو قلب حديدي ب - محول مغلف ، HV - ملف الفلزية العالية ، LV - ملف الفلزية المنخفضة ؛ ١ - قلب ، ٢ - مقرن

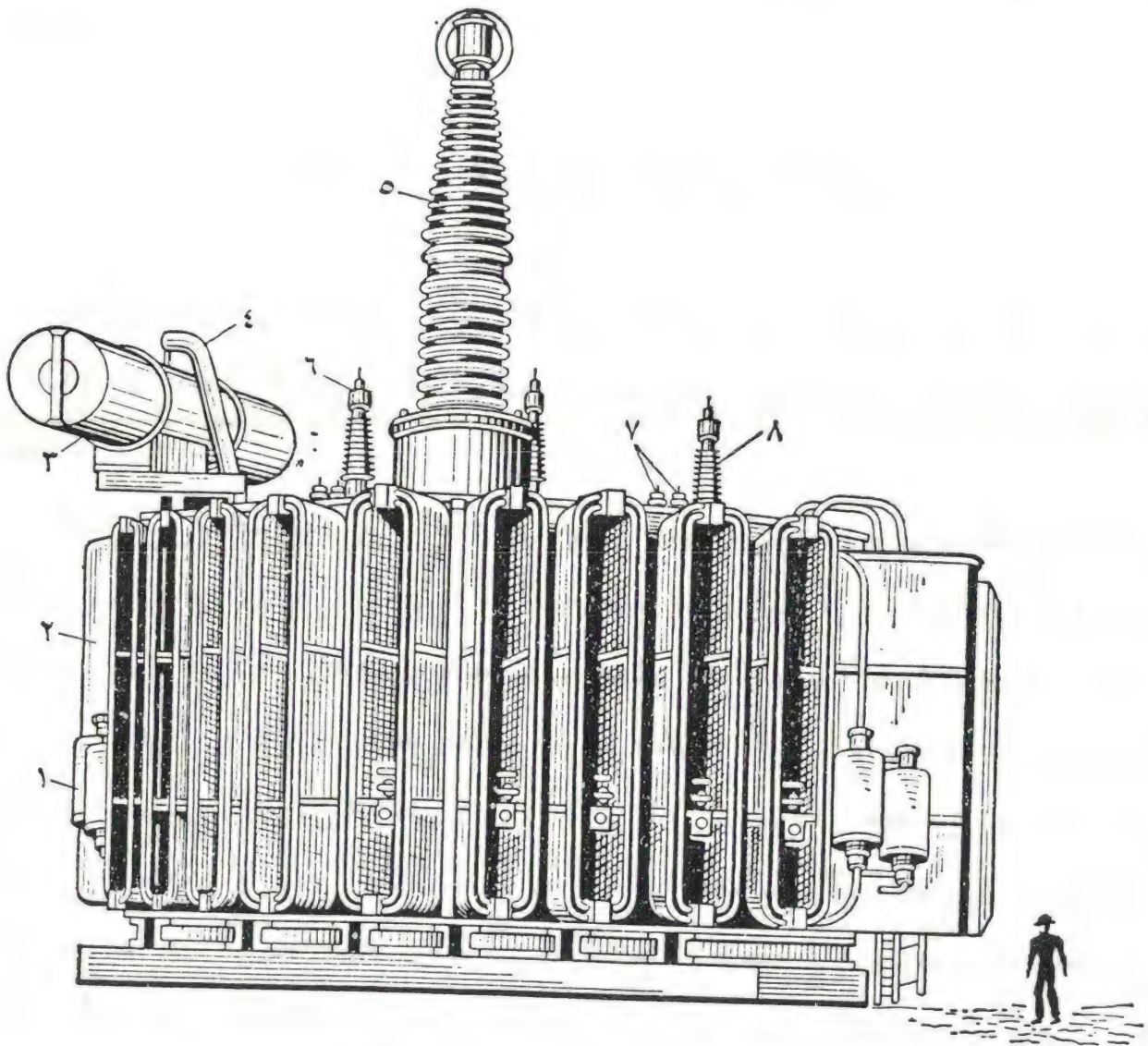
الاحاطة بسطوحها الجانبية ، اما القلوب الحاملة للملفات فتتوضع بشكل رأسى .

تختلف المحولات المغلفة الأحادية الطور (شكل ١ - ب) عن المحولات ذات القلب ، بان المقرنات فيها لا تتجاور مع السطوح الطرفية للملفات فحسب ، بل وتتجاور ايضا مع سطوحها الجانبية . ويمكن لقلوب المحولات الأحادية الطور ان تتوضع بشكل افقى أو رأسى .

وهناك نوع مغلف - قلبى يتوسط بين الموصل المغناطيسى المغلف والموصل المغناطيسى ذى القلب ، تكون لقسم من قلوبه مقرنات جانبية . فالموصل المغناطيسى المغلف - القلبى فى المحول الأحادى الطور يتألف من قلوب متوضعة بشكل رأسى تتركب الملفات عليها ، وتكون اسطوانية الشكل عادة . وفى نفس الوقت تشكل المقرنات العليا والسفلى والجانبية دائرة مغناطيسية متشعبة ، وتحيط بملفات بعض القلوب من الجهات الجانبية . ويستخدم هذا النوع من الموصلات المغناطيسية فى المحولات الكبيرة القدرة .

يجرى تجميع الموصلات المغناطيسية للمحولات من الصفائح المصنوعة بطريقة القص على المكابس من الالواح الرقيقة الفولاذية .

وبحسب طريقة ربط القلوب مع المقرنات ، تقسم الموصلات المغناطيسية الى تناكبية ، حيث تجمع المقرنات بشكل منفصل عن القلوب ومن ثم توصل (تناكبيا) مع بعضها ، ومتداخلة حيث لا تكون القلوب والمقرنات عبارة عن عناصر منفصلة ، بينما تتشابك صفائح القلوب والمقرنات (تتداخل) . ويمكن للموصلات المغناطيسية ان تكون بتصميم بيني ، عندما تتداخل صفائح المقرن السفلى مع صفائح القلوب ، اما المقرن العلوى فيوضع بشكل تناكبي . ولا تستخدم فى صناعة المحولات السوفيتية موصلات مغناطيسية بالربط التناكبي ، كما أن الموصلات المغناطيسية المتداخلة قد تنفذ حسب شكل وصلة صفائح القلب و صفائح المقرن ، بوصلات قائمة أو مائلة .



الشكل ٢ - محول أحادى الطور ثلاثى الملفات :

١ - مصفاة تجديد الزيت ، ٢ - مبرد ، ٣ - خزان تمدد ، ٤ - انبوبة الانفلات ، ٥ - مأخذ الفلظية العالية ، ٦ - مأخذ الفلظية المتوسطة ، ٧ - مأخذ الفلظية المنخفضة ، ٨ - مأخذ الخط المحايد لملف الفلظية العالية

وفي المحولات الأحادية الطور ، يرمز لبداية الملفات بالحرفين Aa ولنهايتها بالحرفين Xx : ويرمز بالأحرف الكبيرة لملفات الفلطة الأعلى وبالأحرف الصغيرة لملفات الفلطة الأدنى : وإذا وجد ملف ثالث بفلطة متوسطة في المحول الأحادي الطور بالإضافة إلى الملفين الأول والثاني ، فيرمز لبدايته Am ولنهايته Xm .

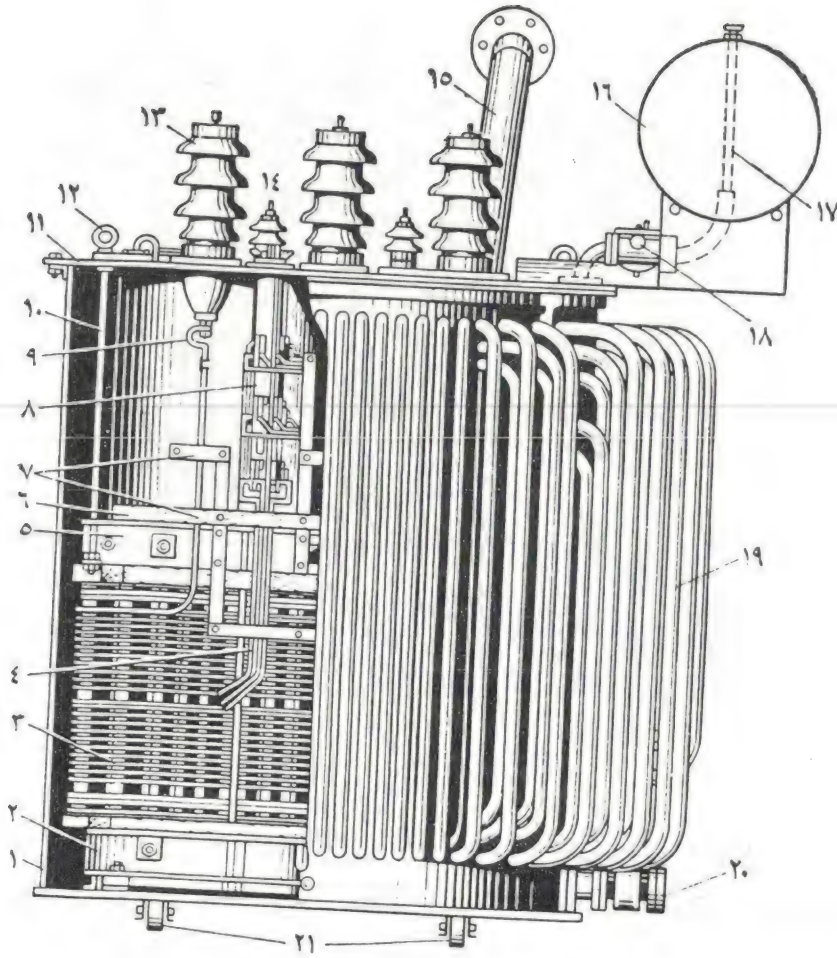
يبين الشكل ٢ محول قدرة أحادي الطور وخافض للفلطة ذا قدرة عالية ، يتألف من ثلاثة ملفات .

ويمكن استخدام ثلاثة محولات أحادية الطور لتحويل الفلطة في شبكات التيار الثلاثي الأطوار ، غير أنه غالباً ما تستخدم هنا المحولات الثلاثية الأطوار .

البند ٣ - المحولات الثلاثية الأطوار

يتألف محول القدرة ثلاثي الأطوار الذي يبرد بالنزيت (شكل ٣) من الأقسام الأساسية التالية : الموصل المغناطيسي والملفات والخزان الفولاذي والغطاء .

الموصل المغناطيسي . إن الموصل المغناطيسي لمحول القدرة ثلاثي الأطوار (شكل ٤) هو تجهيزة جاسئة يتم تجميعها من الصفائح المصنوعة بالكبس من الفولاذ الخاص بالمعدات الكهربائية بسماكة ٠,٢٨ أو ٠,٣٥ ، أو ٠,٥ مم ، وتتألف هذه التجهيزة من ثلاثة قلوب رأسية ١ يتم ربطها بواسطة المقرنين (النيرين) العلوي ٢ والسفلي ١٢ . وتتوضع ملفات المحول على القلوب الرأسية . وتقوم المقرنات بربط قلوب الموصل المغناطيسي ، وتشكل بذلك محيطاً مغناطيسياً مغلقاً . وتغطي الصفائح الفولاذية في الموصل المغناطيسي بغشاء رقيق من الطلاء ، وذلك لانخفاض تيارات فوكو الدوامية . ويستخدم كذلك ملف من شريط الفولاذ الكهربائي والمزود بتغطية عازلة للحرارة ، لتحضير الموصلات المغناطيسية ، حيث أنها لا تحتاج إلى تغطيتها بالطلاء . تصنع القلوب والمقرنات في الموصلات المغناطيسية بحيث يكون مقطعها

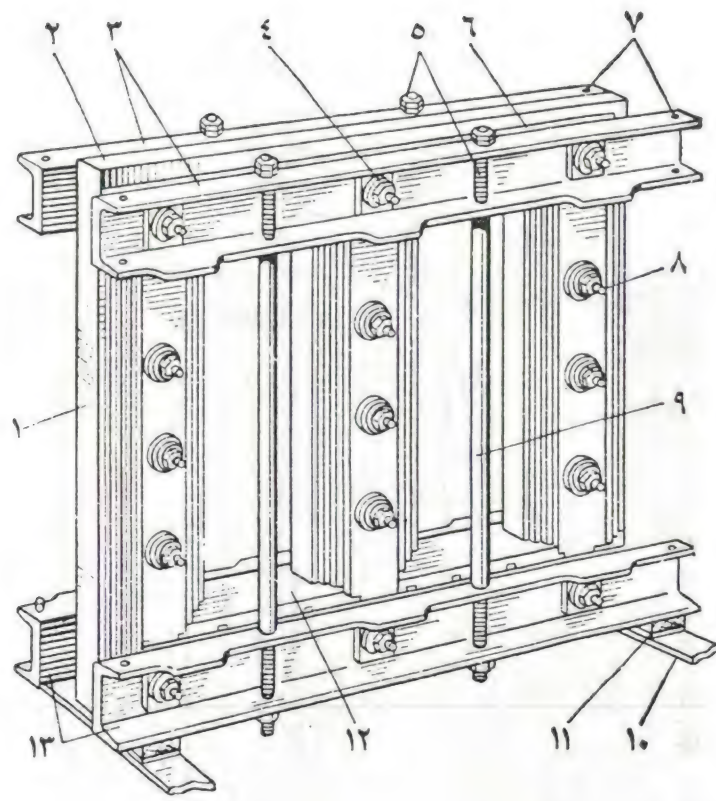


الشكل ٣ - محول قدرة ثلاثي الاطوار ، قدرته ١٠٠٠ كيلوفولط أمبير ، ويبرد بالزيت :

١ - الخزان ، ٢ - العتبة السفلية لمقرن الموصل المغناطيسي ، ٣ - ملف الفلطة العالية ، ٤ - فروع الضبط الذاهبة الى مفتاح التحويل ، ٥ - العتبة العلوية لمقرن الموصل المغناطيسي ، ٦ - الموصل المغناطيسي ، ٧ - صفائح خشبية ، ٨ - تفرعة من ملف الفلطة العالية ، ٩ - مفتاح التحويل ، ١٠ - صبلمة الرفع ، ١١ - غطاء الخزان ، ١٢ - حلقة الرفع ، ١٣ - مأخذ ملف الفلطة العالية ، ١٤ - مأخذ ملف الفلطة المنخفضة ، ١٥ - انبوبة الانفلات ، ١٦ - خزان التمدد (مكثف) ، ١٧ - مؤشر الزيت ، ١٨ - مرهل غازي ، ١٩ - انابيب دوران الزيت ، ٢٠ - حنفية تفريغ الزيت ، ٢١ - عجلات

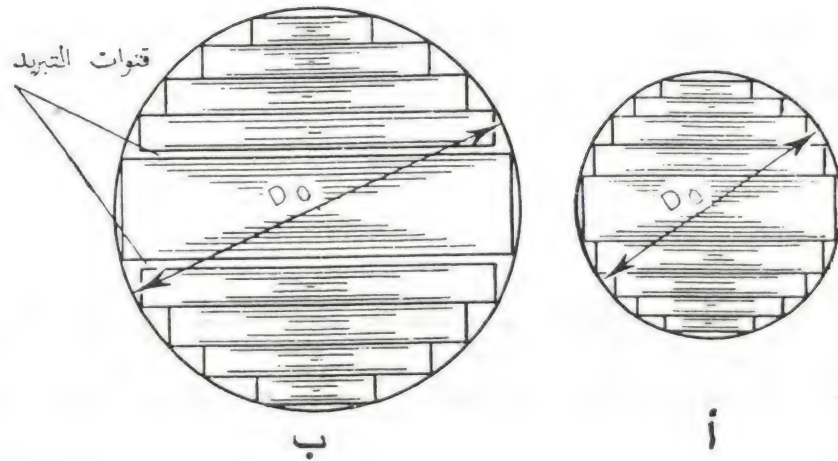
العرضي متدرجا (شكل ٥ - أ) ، وذلك كي تقترب مقاطعها أكثر ما يمكن من الدائرة ، حيث يستخدم بشكل أفضل جوف الهيكل الاسطوانى الذى يُلّف عليه الملف .

وفى القلوب المتدرجة للموصلات المغناطيسية للمحولات ذات القدرة الكبيرة تتشكل أقنية (شكل ٥ - ب) تزيد من امكانية تصريف الحرارة .



الشكل ٤ - موصل مغناطيسي ذو قلب في محول قدرة ذي ملفين :

١ - قلب الموصل المغناطيسي ، ٢ - المقرن العلوى ، ٣ - عتبات المقرن العلوى ، ٤ - صبلمة الشد الافقية للمقرن ، ٥ - صبلمة الشد الرأسية للمقرن ، ٦ - الحشوة العازلة ، ٧ - ثقوب لتركيب صلبالم الرفع ، ٨ - صبلمة الشد الافقية لقلب الموصل المغناطيسي ، ٩ - انبوبة عزل صبلمة الشد الرأسية ، ١٠ - صفيحة فولاذية ، ١١ - صفيحة خشبية ، ١٢ - المقرن السفلى ، ١٣ - عتبات المقرن السفلى

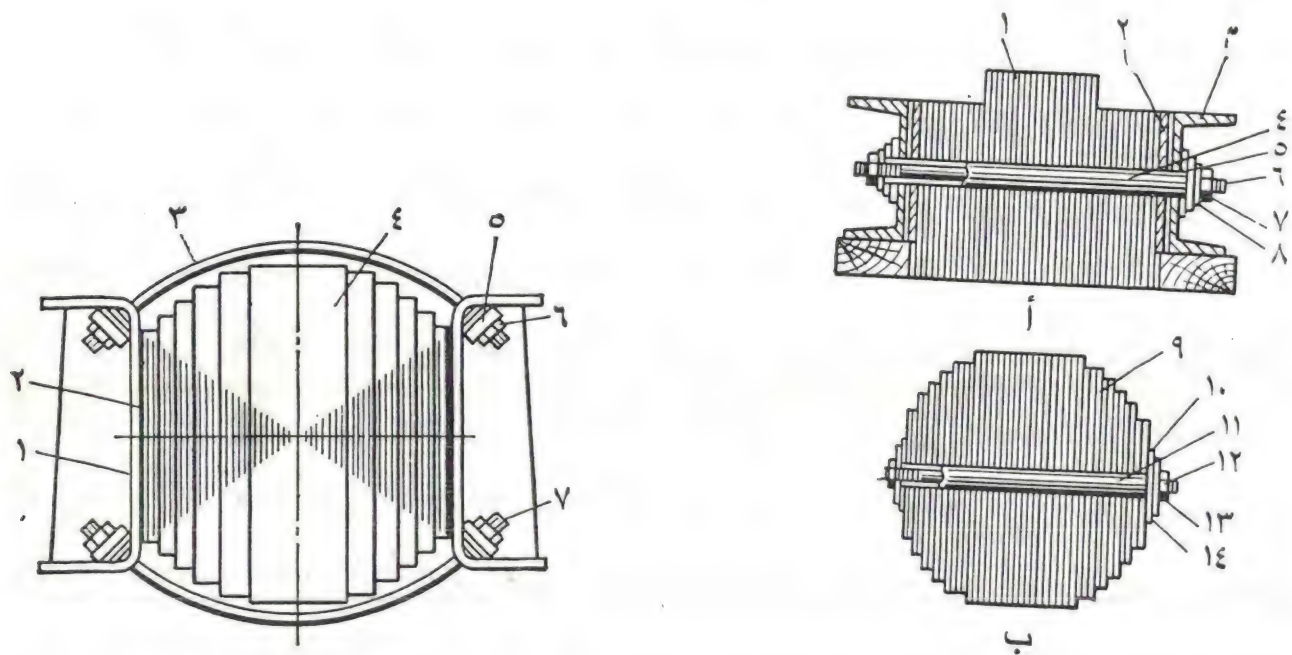


الشكل ٥ - المقاطع العرضية لقلوب الموصلات المغناطيسية :

أ - فى المحولات ذات القدرة الصغيرة ، ب - فى المحولات ذات القدرة الكبيرة ، D_0 - قطر الدائرة التى يرسم القلب داخلها

ويجب ان تكبس بشدة القلوب والمقرنات في الموصلات المغناطيسية . وكانت الموصلات المغناطيسية للمحولات الكهربائية من التصميم القديم ، تصنع من الواح الفولاذ المدرفلة على الساخن ، كما كانت تكبس القلوب والمقرنات بواسطة الصبالم التي تمرر عبر ثقب موجودة في الالواح الفولاذية المدرفلة على المكابس . وكانت الصبالم تغزل عن فولاذ القلوب والمقرنات بمساعدة الانابيب المصنوعة من الورق والباكليت ، أو الفلكات الكرتونية العازلة للكهرباء ، وغيرها من الاجزاء العازلة .

وبين الشكل ٦، أ و ب طريقة رص المقرن والقلب في الموصل المغناطيسي بواسطة الصبالم .



الشكل ٦ - أجزاء الموصل المغناطيسي المشدودة بواسطة صبالم نافذة :
 ١ - عتبة المقرن ، ٢ - العازل الموجود تحت عتبة المقرن ، ٣ - نصف مربوط مؤلف من شريطين فولاذيين ، ٤ - مقرن ، ٥ - صفيحة عازلة ، ٦ - صامولة ، ٧ - طرف الصبلمة المقلوظ

الشكل ٦ - أجزاء الموصل المغناطيسي المشدودة بواسطة صبالم نافذة :
 أ - مقرن ، ب - قلب ، ١ - الفولاذ الفعال للمقرن ، ٢ - عازل كهربائي كرتوني ، ٣ - عتبة المقرن ، ٤ و ١١ - انابيب من الورق والباكليت ، ٥ و ١٠ - فلكتان عازلتان ، ٦ و ١٢ - صبلمتان نافذتان للشد ، ٧ و ١٣ - صامولتان ، ٨ و ١٤ - فلكتان فولاذيتان ، ٩ - الفولاذ الفعال للقلب

أما الموصلات المغناطيسية للمحولات الحديثة ، فتصنع من الفولاذ المتباين الخواص والمدرفل على البارد ، مع الرص اللاحق للمقرنات والقلوب دون الصبالم .

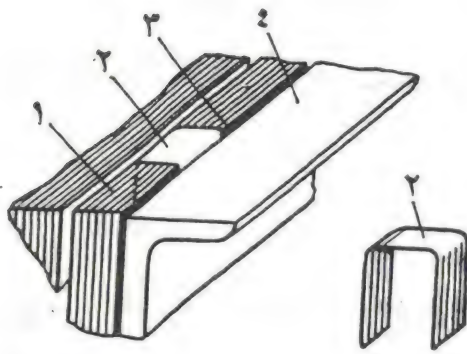
ولرص المقرنات دون الصبالم (شكل ٧) تستخدم احزمة فولاذية مشكلة من نصفين ، تشد العتبات المقرنية ١ ، وهى عبارة عن شريطين فولاذيين مجموعين معا بسماكة ٢-٣ مم وعرض ٤٠-٦٠ مم ، تلحم بطرفيهما صبالم فولاذية مقلوطة ٧ ، تمر عبر الصفائح ٥ المصنوعة من مادة متينة وعازلة كهربائيا (زجاج بلاستيكي مقوى وغيره) . وتقرن الصوامل ٦ على الاطراف المقلوطة للصبالم ٧ ، والتي تولد الجهود اللازمة لرص المقرن .

وتشد قلوب الموصلات المغناطيسية بأحزمة مصنوعة من شريط زجاجي . يشكل الموصل المغناطيسى مع العتبات الضاغطة واجزاء التثبيت ، ما يسمى ، بهيكل المحول . وتركب على هذا الهيكل الملفات والفروع ومفاتيح التحويل ، ويركب كذلك غطاء الخزان مع المآخذ والتوابع الاخرى لدى معظم المحولات من المجموعات I و II و III .

وعندما يكون المحول فى حالة العمل يقع موصله المغناطيسى والاجزاء المعدنية الاخرى فى مجال كهربائى شديد ينشأ بين الملفات والاجزاء المؤرّضة ، فتتشحن الاجزاء المعدنية للمحول ، الواقعة فى هذا المجال . ولكى نتجنب هذه الظاهرة غير المرغوب فيها ، يجب ان تؤرض بشكل مضمون الأقسام الفولاذية الفعالة للموصل المغناطيسى وادوات تثبيته الفولاذية . واذا لم يتم التأريض ، فانه يمكن ان تتولد قوة دافعة كهربائية كبيرة بين هذه العناصر الواقعة فى المجال الكهربائى للملفات ، وكذلك بين هذه العناصر وخزان المحول . ويمكن لمقدار القوة الدافعة الكهربائية المتولدة ، ان يفوق المئاة الكهربائية للفواصل العازلة الصغيرة المتواجدة بين الاجزاء المعدنية ، مما قد يسبب تفريغا كهربائيا ، ويؤدى هذا التفريغ داخل الخزان الى تفكك زيت المحولات . ولهذا تؤرّض فى الموصل المغناطيسى بالاضافة الى الفولاذ الفعال ، جميع ادوات التثبيت الفولاذية الضخمة (بشكل

رئيسى عتبات المقرنات) ، بحيث يكون لها كمون واحد مشترك هو كمون الخزان (الأرض) .

يجب تأريض العتبات الأربع للمقرنات ، وغيرها من الاجزاء الفولاذية ، ما عدا الصبالم الفولاذية للقلوب والمقرنات والصفائح الراسية للقلوب . وتعلق طريقة التأريض وعدد الوصلات التأريضية وتوضعها ، بتصميم الموصل المغناطيسى ، اى تعلق بطريقة الربط بين الاجزاء المعدنية (وجود الاتصال بين عتبات المقرنات) ، وبالربط بين عتبات المقرنات والخزان او غطاءه ، وغير ذلك .



الشكل ٨ - تركيب التأريض للموصل

المغناطيسى :

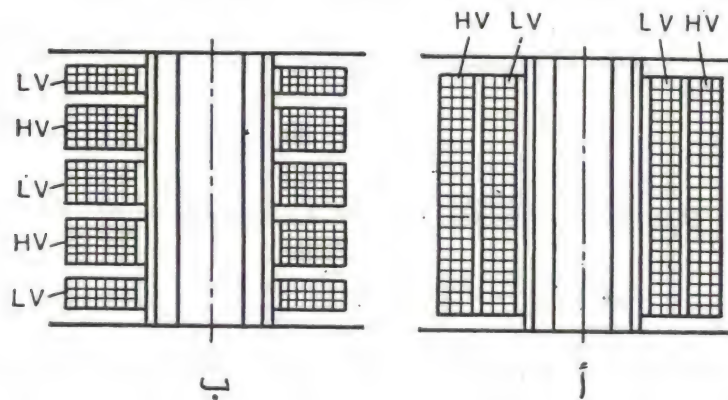
١ - الرزمة الاولى للمقرن ،

٢ - شريط التأريض ، ٣ - صفيحة

عازلة ، ٤ - عتبة المقرن

ويبين الشكل ٨ أكثر الطرق انتشارا لتأريض الموصل المغناطيسى فى المحولات الكهربائية المستخدمة فى الصناعة ، والتي تقل قدرتها عن ١٠٠٠ كيلو فولت أمبير .

الملفات . تصنع ملفات المحولات من سلك الملفات المعزول ، وتوجد بالاضافة الى ذلك اجزاء عازلة مختلفة ، بقصد تأمين الحماية الاضافية للملفات



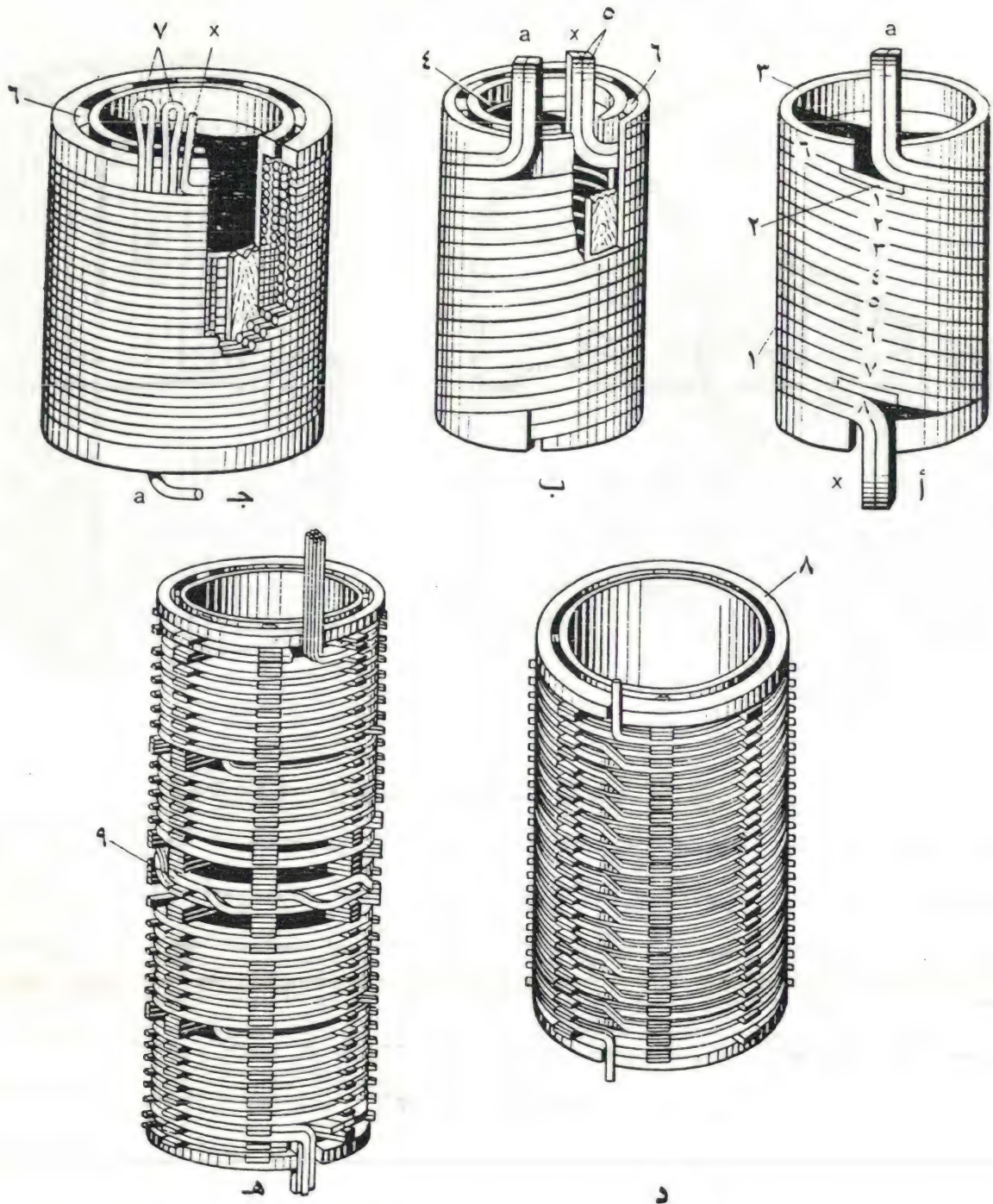
الشكل ٩ - توضع ملفات الفلطة العالية والمنخفضة على قلب الموصل المغناطيسى :
أ - متمركز ، ب - متناوب

من خطر انهيارها الكهربائي . ويتم بواسطة الاجزاء العازلة تجنب انزياح الملفات تحت تأثير القوى الكهرودينامية الكبيرة ، التي تنشأ في الملفات عند قصر دائرة التحميل او في الملف ذاته ، ويتم كذلك انشاء اقنية لتحسين ظروف تبريد الملفات .

تقسم الملفات حسب توضعها على القلب الى ملفات متركزة ومتناوبة (شكل ٩) : فالملفات المتركزة هي ملفات اسطوانية الشكل تقع على قلب الموصل المركزى بشكل متركز ؛ اما الملفات المتناوبة فهي ملفات الفلطية العالية والمنخفضة في المحول ، تتناوب على القلب بالاتجاه المحورى . وقد حظيت باوسع انتشار في الصناعة السوفيتية الملفات الاحادية الطبقة والثنائية الطبقات والمتعددة الطبقات ، والملفات الاسطوانية المتواصلة (شكل ١٠) ، التي تتركب بشكل متركز على قلب الموصل المغناطيسى . الخزان . تمتاز خزانات المحولات بتعدد اشكالها ، التي تتحدد بشكل رئيسى بقدرة المحول وظروف عمله . فكلما كانت قدرة المحول أكبر ، كلما وجب طرد كمية أكبر من الحرارة ، من المحول الى الوسط الخارجى . وغالبا ما يكون شكل خزانات المحولات بيضوى الشكل . وتكون الجدران ملساء في خزانات المحولات ذات القدرة غير الكبيرة (اقل من ٥٠ كيلوفولط أمبير) ، حيث لا تكون كمية الحرارة الواجب طردها كبيرة . وتزود خزانات المحولات ذات القدرة الأكبر بمبردات ، هي عبارة عن انابيب مقطعتها مستدير أو بيضوى ، تعمل على زيادة سطح تبريد الزيت وتساهم في تدويره داخل الخزان . أما في المحولات الكبيرة القدرة (أكبر من ١٠٠٠ كيلوفولط أمبير) ، فتزود الخزانات بأنابيب متفرعة ومشفهة ، توصل بها مبردات تتألف من حزم من الانابيب .

وتصنع المبردات مع التبريد الاضافى للانابيب بالمراوح ، أو بدونه ، حيث توضع المراوح بين انابيب المبرد (شكل ١١) .

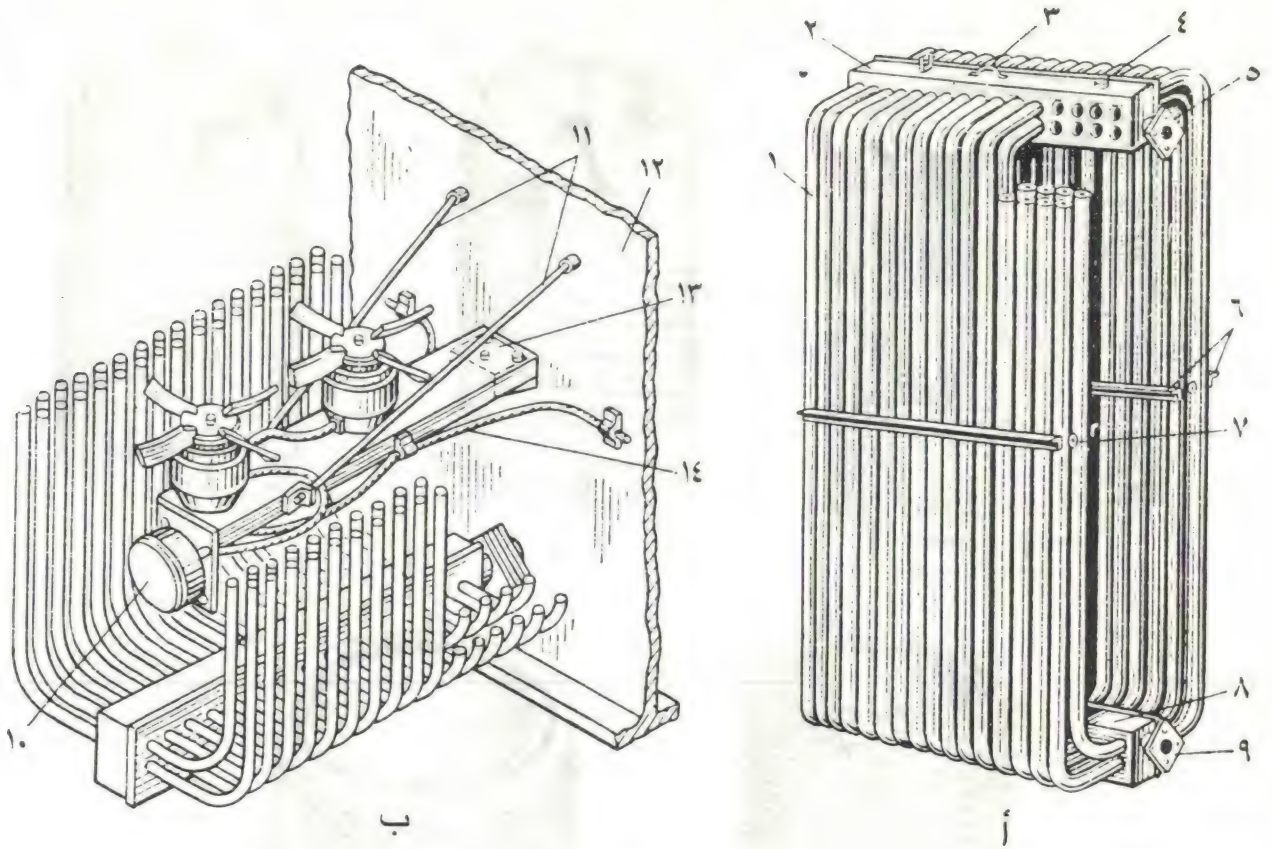
تتألف المبردات من عدد كبير من الانابيب الرأسية (من ٨ حتى ١٠٠ وأكثر) ، التي تشكل طرقا متوازية للزيت الدائر فيها . وتلحم الانابيب في الاعلى والاسفل مع العلبتين (المجمعين) العلوية والسفلية ، اللتين توصلان



الشكل ١٠ - ملفات محولات القدرة :

أ - ملف أحادي الطبقة ، ب - ملف ثنائي الطبقة ، ج - ملف متعدد الطبقات ، د - ملف متواصل ، هـ - ملف لولبي ، ١ - لفات سلك مقطعه مستطيل الشكل ، ٢ - علبة من الكرتون الكهربائي لتقوية عزل اللفات المتطرفة للملف ، ٣ - حلقات التسوية المتقطعة ، ٤ - اسطوانة من الورق والباكليت ، ٥ - نهاية الطبقة الاولى للملف ، ٦ - عوارض خشبية رأسية (لاطات) ، ٧ - تفريعات الملف الداخلية ، ٨ - حلقة عازلة للاستناد ، ٩ - تبديل وضع لفات الملف

بدورهما مع الخزان بواسطة انبوبين متفرعين مشفهين . فالزيت المسخن يأتي من الخزان الى المجمع العلوى ، ومن ثم يبرد فى الانابيب حيث يعطيها حرارته . ويعود الزيت المبرد عبر المجمع السفلى الى القسم السفلى للخزان .



الشكل ١١ - مبردات المحولات الزيتية :

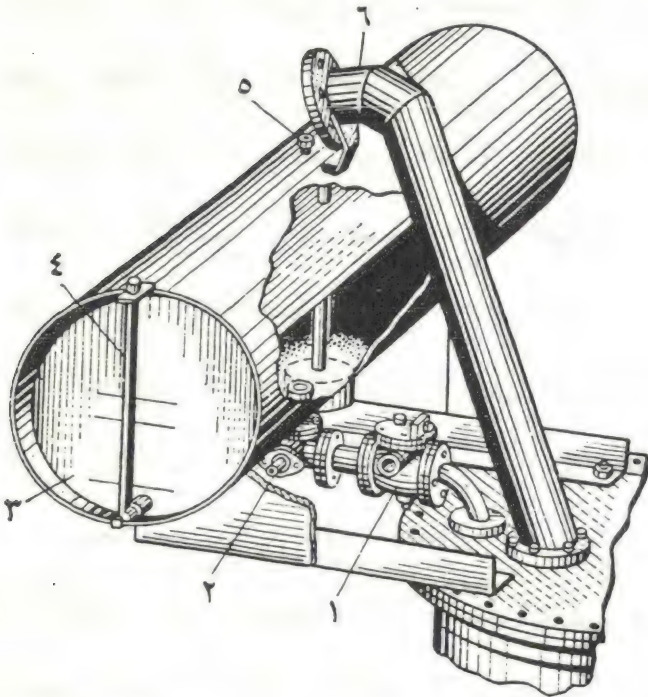
أ - بدون مراوح نافخة ، ب - بمراوح نافخة ، ١ - أنبوب الدوران ، ٢ و ٨ - المجمعان العلوى والسفلى ، ٣ - قوس لرفع المبرد ، ٤ - سدادة تصريف الهواء ، ٥ و ٩ - الشفتان العليا والسفلى ، ٦ - مثلثات الجساءة (التقوية) ، التى تتركب على سطح الانابيب ، ٧ - انبوبة الجساءة التى تتركب بين انابيب المبرد ، ١٠ - علبة التوزيع ، ١١ - ذراعا الشد ، ١٢ - جدار الخزان ، ١٣ - حامل كابولى ، ١٤ - كابل اىصال التغذية بالتيار الكهربائى الى المحركات الكهربائية للمراوح

وتصنع المبردات عادة قابلة للفك بقصد تسهيل عملية اصلاحها .
وتحتوى خزانات المحولات العالية القدرة على انابيب متفرعة ، لوصل المرشحات الخاصة بتنظيف الزيت وتجفيفه ، وكذلك لوصل حنفيات تفريغ الزيت وسحب عينات منه .

يركب الخزان على عربة مزودة بعجلات ، لتحريك المحولات على سكك خاصة ضمن حدود حيز العمل لتجهيزة التوزيع .

وفى الجزء العلوى للخزان تلحم خطاطيف للتعليق عند الحاجة الى رفع المحول .

الغطاء . يستخدم غطاء المحول لاحكام الخزان ، ويوضع عليه عادة ، خزان التمدد (المكثف) ، والمرحل الغازى ، وانبوب الانفلات ، ومفتاح التحويل والمآخذ وميزان الحرارة ، وأجهزة قياس متنوعة تضمن عمل المحول لفترة طويلة وبشكل طبيعى .



الشكل ١٢ - توزيع خزان التمدد والمرحل الغازى وانبوب الانفلات ، على غطاء المحول :

١ - المرحل الغازى ، ٢ - حنفية سادة على خط الزيت الواصل بين خزان التمدد والمرحل الغازى ، ٣ - خزان التمدد ، ٤ - مؤشر مستوى الزيت فى خزان التمدد ، ٥ - سداة ثقب صب الزيت فى خزان التمدد ، ٦ - انبوب الانفلات

وبين الشكل ١٢ توزيع خزان التمدد والمرحل الغازى وانبوب الانفلات ، على غطاء المحول .

خزان التمدد (المكثف) . وهو يقوم بتعويض الحجم المتغير للزيت نتيجة لتغير درجة الحرارة بسبب ذبذبات درجة حرارة هواء الوسط المحيط ، وكذلك بسبب الحمولة المتغيرة على المحول (وبالتالى تغير كمية الحرارة التى يصدرها المحول) . ويضمن خزان التمدد امتلاء الخزان الاساسى للمحول بالزيت مهما كانت ظروف عمله . وبالإضافة الى ذلك ، فانه نتيجة لوجود خزان التمدد ينقص سطح تماس زيت المحول مع الهواء ، مما يؤدي الى اضعاف عملية تأكسده و «تعتيقه» .

المرحل الغازى . وهو يستجيب لجميع الاعطال الداخلية التى يرافقها انطلاق الغازات ، وكذلك يستجيب لانخفاض مستوى الزيت فى الخزان . وتركب فى المحولات مرحلات غازية من النوعين : ذات فواشة ПГ-22 ، وبكأس ПГЧЗ-66 .

يتألف المرحل ПГ-22 من هيكل معدني توضع في داخله فواشات مجوفة تركيب عليها مفاتيح فصل زئبقية . وتقع الفواشات في حالة عائمة في زيت المرحل .

ففي حال حدوث تعطيل داخلي للمحول (قصر دائرة بين اللفات ، انهيار العوازل وغير ذلك) ، يبدأ عندئذ الزيت والعازل الجامد بالتفكك مع نشر غازات تمر بقناة الزيت حتى تصل الى المرحل الغازي وتتجمع في قسمه العلوي ، فتقوم بطرد الزيت من هناك . عندئذ تنخفض الفواشة العليا ، ويقوم مفتاح الفصل الزئبقي الموصول مع الفواشة باغلاق دائرة التنبيه الصوتي الموجود على لوحة التحكم . وفي حال تطور العطل داخل المحول ، يندفع الزيت من الخزان عبر قناة الزيت الى خزان التمدد ، وتؤثر بذلك على الفواشة السفلى التي تنقلب ، فالمفتاح المركب عليها يغلق دائرة فصل المحول .

يختلف المرحل РГЧЗ-66 عن المرحل ПГ-22 ، بأن عناصر الأول لا تتألف من الفواشات ، وانما تتألف من كؤوس معدنية دائرية قعرها مسطح ، توضع فيها دعائم عازلة تركيب على نتوءاتها تماسات متحركة . وبالتالي تركيب التماسات الثابتة على هيكل المرحل . وعندما يكون جسم المرحل مملوءا بالزيت ، فان كأسى العنصرين : العلوي والسفلي يكونان في وضع الرفع والتماسات في حالة الفصل .

عند انخفاض مستوى الزيت في المرحل تنخفض الكؤوس تحت تأثير ثقل الزيت فيها وتغلق التماس المتحرك مع الثابت ، وتستدعي بالتالي التأثير الموافق للمنبه او فصل المحول .

أنبوب الانفلات (الأمان) . وهو عبارة عن اسطوانة فولاذية مجوفة ، يتصل احد طرفيها مع الخزان ، والطرف الآخر مغلق بصفيحة رقية (قرص زجاجي) . فعندما يرتفع الضغط في الخزان نتيجة للحوادث ، تقوم الغازات مع الزيت بتحطيم الصفيحة الرقة ، مندفعة الى الخارج .

مفاتيح التحويل ، وهي تستخدم لضبط فلتية المحول في حدود غير كبيرة نسبيا (عادة $\pm 5\%$) ، عن طريق التغيير الموافق لعدد اللفات الموصولة

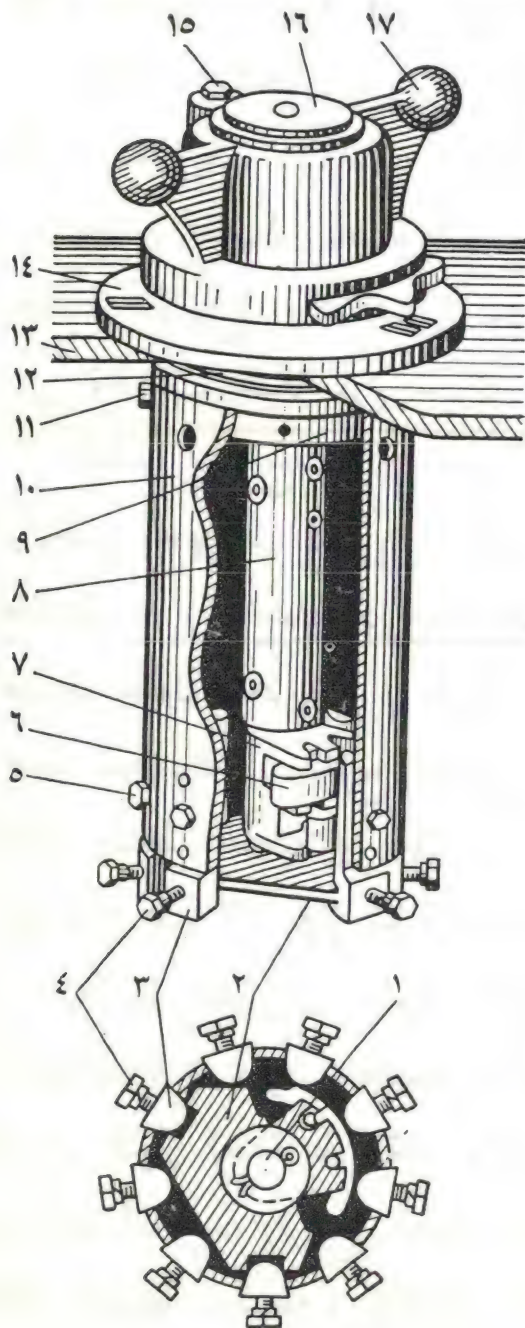
على التسلسل فى الملفات ، وبالتالى تغيير معامل التحويل على حساب تبديل فروع الضبط فى الملفات .

لا بد من اجراء عملية ضبط الفلظية كى تتأمن فلظية مستقرة بما فيه الكفاية لدى المستهلكين للطاقة ، الذين يقعون على مسافات مختلفة عن المحطات الكهربائية ومحطات التوزيع الفرعية .

تستخدم طريقتان للضبط والتغيير : طريقة التحويل بدون تحريض ، وطريقة الضبط تحت الحمولة .

عند الضبط بطريقة التحويل بدون تحريض ، يفصل المحول تماما عن الشبكة ، اى تنقطع التغذية بالتيار الكهربائى خلال القيام بعملية التحويل .

اما من اجل المحولات الضخمة التى تغذى مجموعات كبيرة من المستهلكين ، وكذلك فى الشبكات التى تصل فلظيتها الى ١١٠ كيلوفولط وأكثر ، غالبا ما تستخدم طريقة الضبط تحت الحمولة ، حيث يجرى الضبط عندئذ دون فصل المحول عن الشبكة ، اى دون قطع التغذية بالتيار الكهربائى عن المستهلكين.



الشكل ١٣ - مفتاح تحويل ثلاثى الاطوار من

الطراز ТПСУ-9-120/10

- ١ - عمود جهاز التحريك ، ٢ - صفيحة التمرکز ،
- ٣ - تماس ثابت ، ٤ - لولب التماس ، ٥ و ١١ - لولبان لتثبيت الاسطوانة ، ٦ - قطاع التماس ، ٧ - عمود ، ٨ - انبوبة من الورق والباكليت ، ٩ - شفة الاسطوانة ١٠ - اسطوانة من الورق والباكليت ، ١٢ - حشوة مطاطية ،
- ١٣ - غطاء المحول ، ١٤ - شفة القلنسوة ،
- ١٥ - لولب الايقاف ، ١٦ - لوحة صغيرة ،
- ١٧ - قلنسوة التحريك

تستخدم مفاتيح التحويل المحسوبة على ثلاث وخمس درجات في مخططات التحويل بدون تحريض. ففي الحالة الأولى $(\pm 1 \times 0.5\%)$ توجد درجتان $+0.5\%$ و -0.5% بالإضافة الى الدرجة المقدرة. وفي الحالة الثانية $(\pm 2 \times 0.2\%)$ توجد كذلك درجتان اضافيتان: $+0.2\%$ و -0.2% . ويعتبر مفتاح التحويل ТПСУ-9-120/10 أحد أبسط اجهزة التحويل وأكثرها استخداما في المحولات التي تعادل قدرتها ١٠٠ - ١٠٠٠ كيلوفولط أمبير ، عند الضبط بطريقة التحويل بدون تحريض (شكل ١٣).

توصل الفروع الموافقة للملفات من الخارج مع التماسات ٣ ، التي تنزلق عليها القطاعات التماسية ٦ داخل الاسطوانة ١٠ ، وهي بدورها تغلق ثلاثة تماسات ثابتة في كل وضع عامل .

وللقيام بالتحويل ، من الضروري تحرير لولب الايقاف ١٥ وتدوير رأس التحريك بمقدار 120° .

وعند الضبط تحت الحمولة ، تستخدم في المحولات مفاتيح تحويل مختلفة الانواع والتصاميم مثل 3-50/35 و ПТЛ-9-120/35 وغيرها ، وهي تختلف قليلا من حيث المبدأ عن مفتاح التحويل ТПСУ-9/120/10. عندما يحتاج الامر الى ضبط فلطية المحول دون فصله عن الشبكة تستخدم تجهيزات تحويل خاصة معقدة . وفي مخططات ضبط الفلطية تحت الحمولة ، يزيد عدد درجات ضبط الفلطية ونطاقه ، عما هو في مخططات الضبط بدون تحريض . فمثلا ، غالبا ما تستخدم في مخططات الضبط تحت الحمولة ، مفاتيح تحويل تعمل بـ ١٣ درجة $(\pm 6 \times 1.67\%)$ في نطاق ضبط الفلطية $\pm 10\%$ ، وكذلك مفاتيح تحويل تعمل بـ ١٧ درجة $(\pm 8 \times 1.5\%)$ في نطاق ضبط الفلطية $\pm 12\%$.

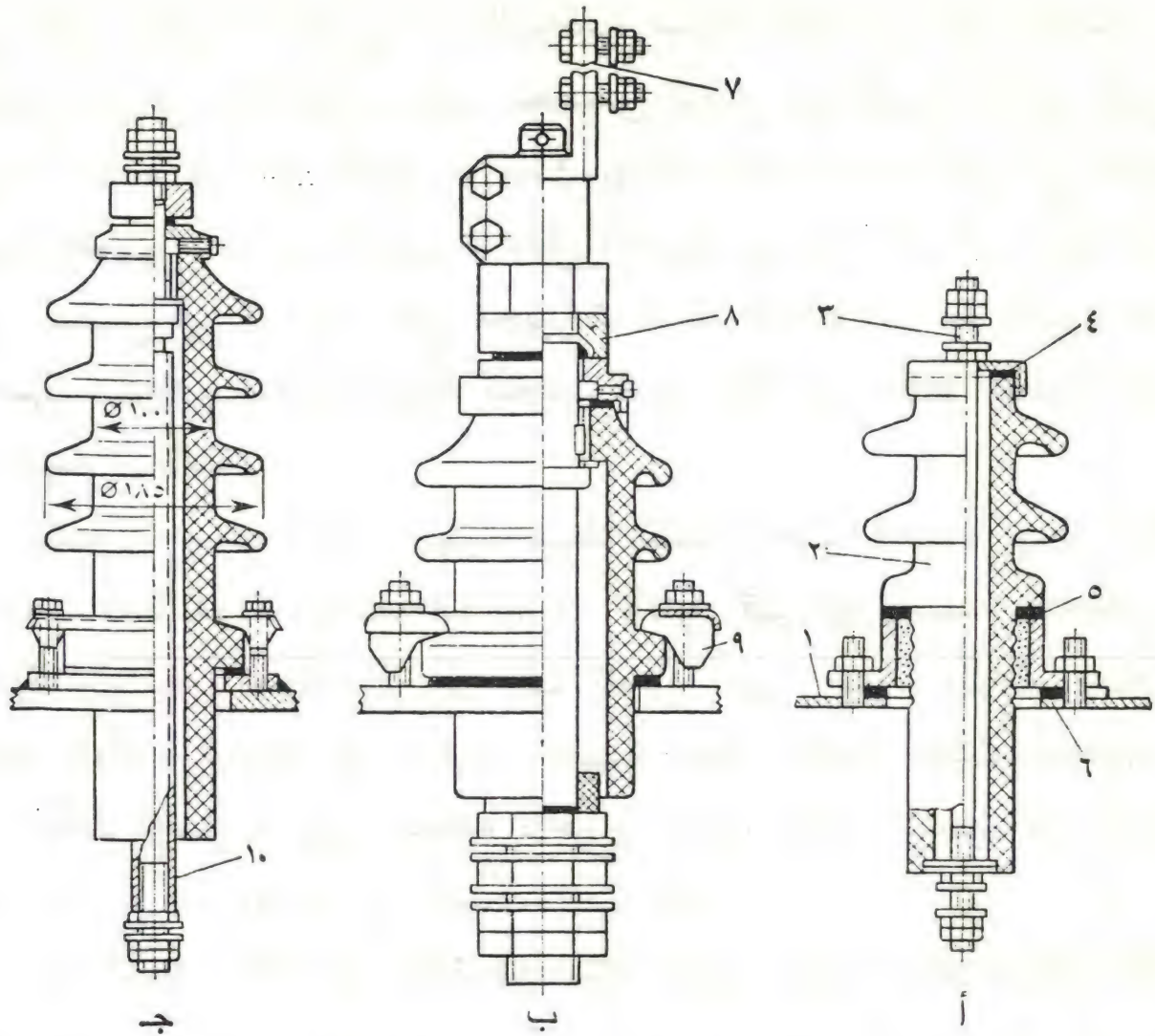
تتألف تجهيزات ضبط الفلطية تحت الحمولة من الوحدات التالية : ناخب الفروع ، وهو مخصص لاختيار الفرع اللازم من الملف قبل التحويل ، ولتمرير التيار لمدة طويلة ؛ وناخب متقدم للفروع ، وهو مخصص لاستخدام تماسات الناخب وفروع الملف المتصلة بالناخب ، لاكثر من مرة عند عبور نطاق الضبط بكامله ؛ والقاطع التلقائي "contactor" الذي يقوم بقطع التيار

فى دوائر تجهيزة التحويل ، المحضرة مسبقا لذلك من قبل الناخب ؛ ومفاعل تحديد شدة التيار، وهو مخصص للوصل بين الفرع العامل والفرع المراد ادخاله فى حيز العمل ، وذلك بهدف تحديد شدة التيار فى القسم المراد التحويل عنه من الملف ، ونقل الحمولة من فرع الى آخر دون قطع تيار التحميل فى المحول . وفى تجهيزات ضبط الفلطية السريعة التأثير تحت الحمولة تستخدم المقاومة الفعالة لتحديد التيار بدلا عن مفاعل تحديد التيار (المقاومة المفاعلة) .

ولتدوير جميع اجزاء تجهيزة ضبط الفلطية تحت الحمولة توجد هناك ادوات ادارة يدوية (بواسطة قبضة) ، وادارة كهربائية بكبسة التحكم ، وادارة اوتوماتية . وبالإضافة الى ذلك تدخل اجهزة متنوعة وآليات وعناصر التنبيه والأتمتة وغيرها فى تركيب تجهيزة ضبط الفلطية تحت الحمولة . مآخذ الوصل ، وهى تستخدم لاجراج اطراف ملفات المحول من الخزان الى الخارج ، ووصلها مع الشبكة الكهربائية .

وان أبسط مأخذ هو عبارة عن عازل خزفى جلبى مسلح يركب عادة على غطاء المحول ، وعن قضيب ناقل للتيار يمر فى الثقب النافذ الموجود داخل العنصر الخزفى . ويزود المأخذ بشفة لتثبيته على جدار او غطاء الخزان . تكون مأخذ الوصل لدى المحولات التى تتركب داخل المبنى ، ذات سطح املس ، اما فى المحولات التى تتركب فى الخارج فتكون المأخذ ذات سطح متعرج على شكل نتوءات مظلية الشكل (أضلاع) . تتعلق ابعاد المأخذ وأشكالها الخارجية بمقدار الفلطية (الصنف) ونوع التركيب (مغطى او مكشوف) ، اما مقطع القضيب الناقل للتيار فيتعلق بشدة التيار .

كانت تستخدم فى المحولات المصنوعة فى السابق ، مأخذ مسلحة غير قابلة لللفك (شكل ١٤ - أ) ، مما كان يتطلب تفريغ قسم من زيت المحول عند ضرورة تبديلها . وفى المحولات الحديثة التى لا تزيد فلطيتها عن ٣٥ كيلوفولط تتركب المأخذ القابلة لللفك (للتبديل) فقط ، كما فى الشكل ١٤ ، ب و ج ، وتنحصر الميزة الاساسية لهذه المأخذ فى أنها لا تتطلب

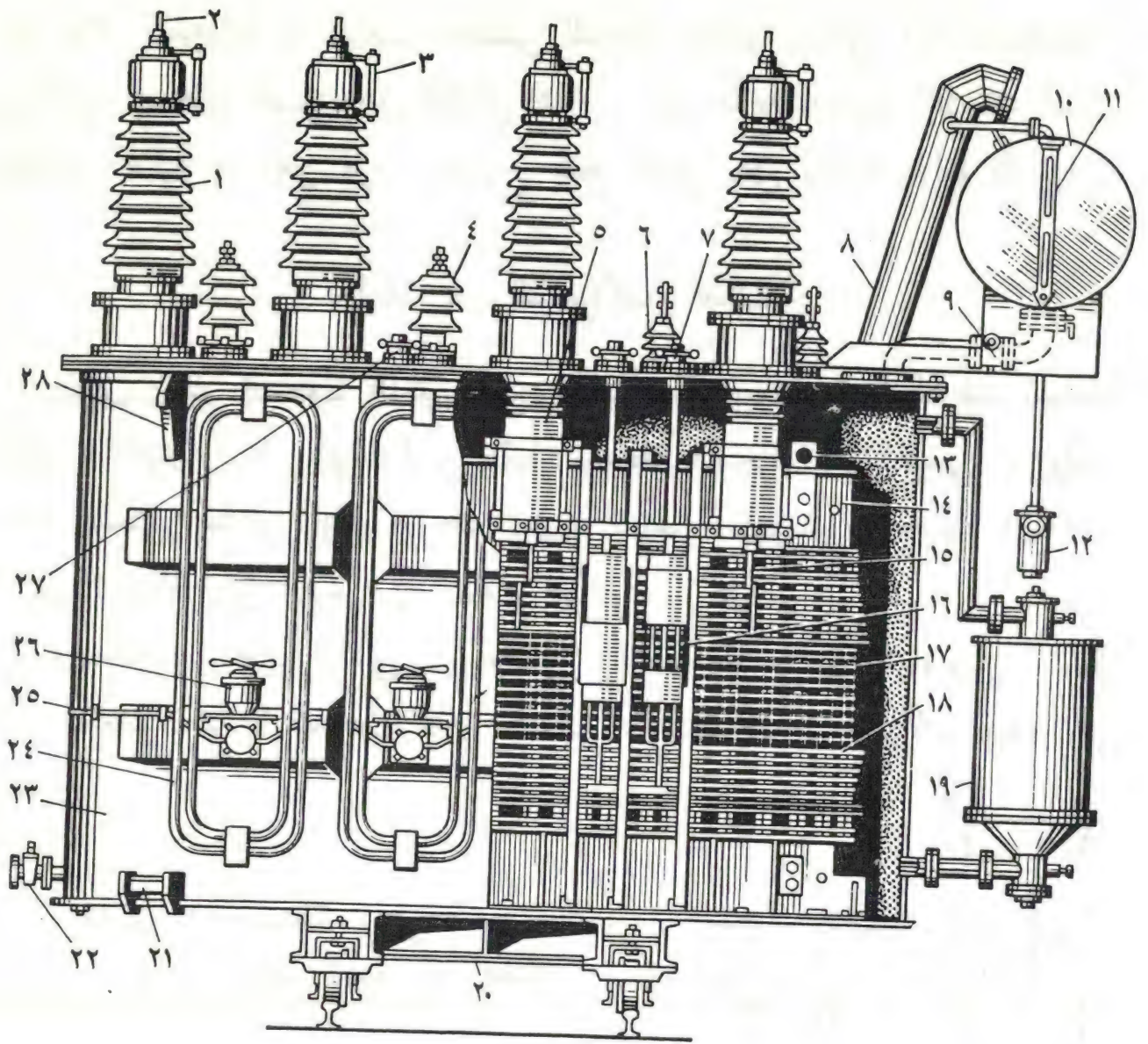


الشكل ١٤ - مآخذ الوصل :

أ - المآخذ المسلحة من اجل ٦ و ١٠ كيلوفولط ، ب - المآخذ القابل للنزع والمحسوب من اجل ٦ و ١٠ كيلوفولط ، ج - المآخذ القابل للنزع والمحسوب من اجل ٣٥ كيلوفولط ، ١ - غطاء الخزان ، ٢ - عازل خزفي ، ٣ - قضيب نحاسي ناقل للتيار ، ٤ - قلنسوة من حديد الزهر ، ٥ - فلكة مطاطية ، ٦ - حشوة ، ٧ - طرف التماس ، ٨ - جلبة من النحاس الاصفر ، ٩ - كامنة للتثبيت ، ١٠ - انبوبة من الورق والباكليت

لرفع الجزء المغموس من المحول وفصل المآخذ داخل الخزان ، عند تبديل العازل الخزفي المعطوب .

غالبا ما تستخدم فى الشبكات الكهربائية محولات ثلاثية الاطوار بثلاثة ملفات ، أحدها أولى والملفان الثانويان ثلاثيا الاطوار بفلطيتين مختلفتين . ويبين الشكل ١٥ تركيب المحول الخافض ثلاثى الاطوار وثلاثى الملفات ، الحاوى على ملف اولى محسوب على فلطية قدرها ١١٠ كيلوفولط (ملف الفلطية العالية) ، وملفان ثانويان : احدهما ملف متوسط الفلطية محسوب



الشكل ١٥ - محول قدرة ثلاثي الاطوار وثلاثي الملفات :

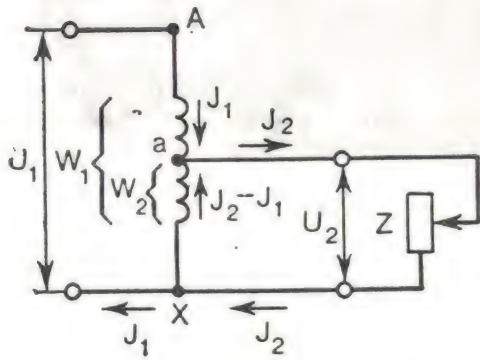
- ١ - مأخذ معبأ بالزيت لملف الفلظية الأعلى (١١٠ كيلوفولط) ، ٢ - قضيب ناقل التيار (صلبة) ، ٣ - مؤشر مستوى الزيت في مأخذ الفلظية الاعلى ، ٤ - مأخذ الفلظية المتوسطة (٣٥ كيلوفولط) ، ٥ - اسطوانة من الورق والباكليت في مأخذ الفلظية الاعلى ، ٦ - مأخذ الفلظية المنخفضة (١٠ كيلوفولط) ، ٧ - ذراع تحريك فروع الضبط في ملف الفلظية الاعلى ، ٨ - انبوب الامان ، ٩ - المرحل الغازي ، ١٠ - خزان التمدد (المكثف) ، ١١ - مؤشر مستوى الزيت في خزان التمدد ، ١٢ - مجفف الهواء ، ١٣ - حلقة لرفع القسم الفعال ، ١٤ - عتبة المقرن ، ١٥ - التفريع الخطي من ملف الفلظية الاعلى ، ١٦ - مفتاح تحويل تفريعات الضبط لملف الفلظية الاعلى ، ١٧ - ملف الفلظية الاعلى ، ١٨ - اللفات الحاجزة من ملف الفلظية الاعلى ، ١٩ - مرشح سيفوني حراري (ممص) ، ٢٠ - عربة بعجلات ، ٢١ - قطاع مسطح لتركيب الرافع ، ٢٢ - حنفية تصريف الزيت ، ٢٣ - خزان المحول ، ٢٤ - مبرد انبوبي ، ٢٥ - تمديدات كهربائية لتغذية محركات النفخ ، ٢٦ - محرك كهربائي للنفخ (المروحة) ، ٢٧ - ذراع تحريك مفتاح التحويل لملف الفلظية المنخفضة ، ٢٨ - خطاف لرفع المحول

على ٣٥ كيلوفولط ، وملف منخفض الفلطة محسوب على ١٠ كيلوفولط .
ويحتوى المحول المبين على الشكل ١٥ ، على مأخذ مملوءة بالزيت لملف
الفلطة العالية ، وهو مزود بمراوح نفخ تعمل على زيادة غزارة التبريد .

البند ٤ - المحولات الذاتية -

يطلق اسم المحول الذاتى على ذلك المحول الذى يرتبط فيه الملفان
الاولى والثانوى فيما بينهما ليس فقط بواسطة المجال المغناطيسى ، ولكن
ايضا بشكل غلفانى (اى يوجد بينهما تماس كهربائى) بحيث ان احد
الملفين عبارة عن جزء من الملف الآخر .

ويمكن للمحول الذاتى ان يخفض الفلطة او يرفعها ، ويبين الشكل
١٦ مخططا مبدئيا لمحول ذاتى خافض أحادى الطور . وكما يبدو من



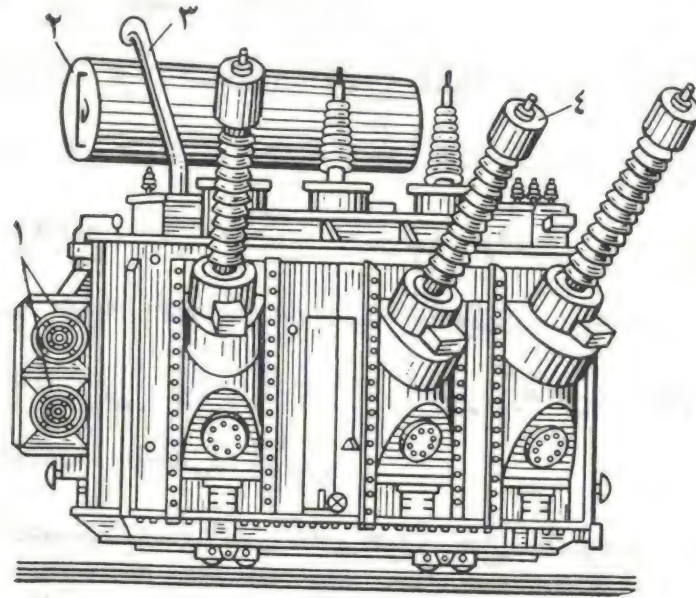
الشكل ١٦ - مخطط مبدئى لمحول خافض
ذاتى أحادى الطور مع التحميل

الشكل ، فان التيار يمر فى القسم المشترك من الملف بالنسبة للجهتين الاولى
والثانوية ، اثناء عمل المحول الذاتى ، ويساوى هذا التيار الى الفرق بين
التيارين $I_2 - I_1$ ، مما يسمح بصنع القسم المشترك من الملف ، من
سلك مقطعه اقل مما يلزم للمحول العادى .

وهكذا ، فبفضل الرابطة الغلفانية بين الجهتين الاولى والثانوية فى
المحول الذاتى ، يتم نقل الطاقة من الدائرة الاولى الى الدائرة الثانوية عبر
المجال المغناطيسى وبالطريقة الكهربائية مباشرة على حد سواء . ولذلك
فان المحول الذاتى يتمتع بالعديد من الميزات بالمقارنة مع المحول العادى
مثل قلة الوزن وصغر الحجم وقلة استهلاك المواد الكهربائية - التكنيكية
(الفولاذ والنحاس) ، وارتفاع معامل الكفاية (المردود) . ومن الجدير بالذكر

ان استخدام المحول الذاتى يكون اربح بالمقارنة مع المحول العادى ، كلما قل اختلاف معامل التحويل عن الواحد . ولذا ، فان المحولات الذاتية تستخدم بشكل واسع عندما يحتاج الامر الى تغيير الفلطية فى حدود غير كبيرة ، مثلاً عند ضبط الفلطية .

تستخدم المحولات الذاتية الاحادية الطور والثلاثية الاطوار القوية وذات الفلطية العالية (شكل ١٧) ، العاملة فى المجموعات الثلاثية الاطوار ،



الشكل ١٧ - محول ذاتى ثلاثى الاطوار :

١ - مبردات بمراوح ، ٢ - خزان التمدد ، ٣ - انبوب الامان ، ٤ - مأخذ الفلطية الاعلى

كذلك لربط خطوط التوتر العالى من اصناف مختلفة الفلطية . ولا تختلف المحولات الذاتية عن المحولات العادية من حيث تركيبها الا قليلا .

البند ٥ - محولات القياس

يمكننا ان نذكر من بين محولات القياس ، محولات التيار ومحولات الفلطية ، التى تستخدم عند قياس التيارات الكبيرة والفلطيات العالية ، وتسمح عند ذلك باستخدام اجهزة القياس الكهربائية ذات التصميم الاعتيادى . وتستخدم محولات القياس أيضا لفصل دوائر القدرة ، العالية الفلطية فى الوحدات الكهربائية عن دوائر القياس ، المنخفضة الفلطية ، وكذلك لتغذية اجهزة المرحلات وغيرها من اجهزة التحكم الاوتوماتى والحماية .

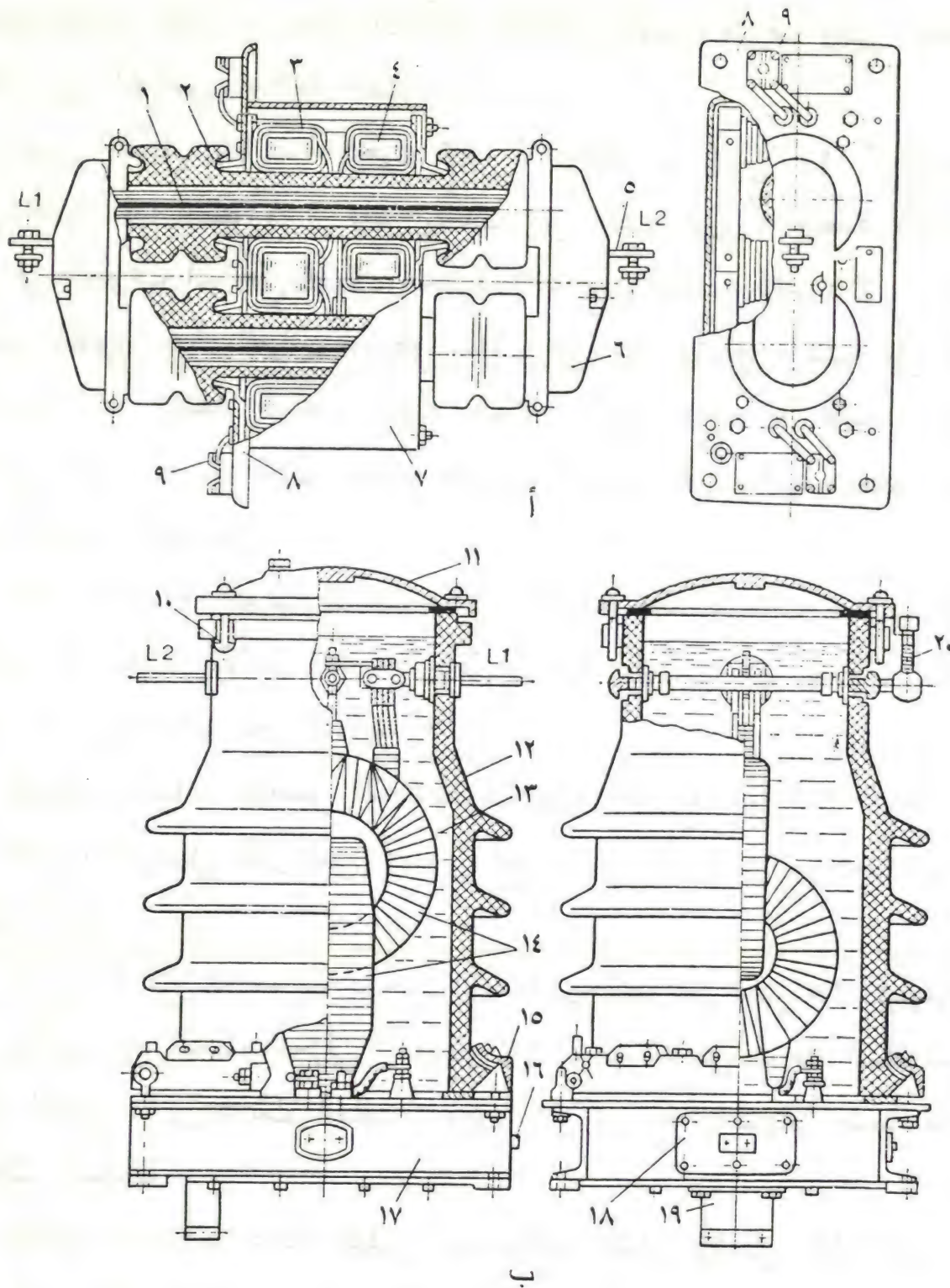
محول التيار . يستخدم عادة لتحويل التيار المتناوب ذى الشدة الكبيرة الى تيار أصغر (حتى ٥ أمبير) ، يمكن قياسه بالأجهزة العادية . ويوصل الملف الاول لمحول التيار على التسلسل بدائرة التيار المراد قياسه ، اما الملف الثانوى فيوصل مباشرة بمقياس الامبير (أمبيرمتر) ، أو ملف التيار لمقياس الواط ، او عداد الطاقة الكهربائية او المرحّل . وبما أن هذه الاجهزة تتمتع بمقاومة صغيرة جدا ، فان محولات التيار محسوبة على نظام عمل قريب من قصر الدائرة .

يكون عدد اللفات فى الملف الاول قليلا ، اذا كانت محولات التيار موصولة مع خط تمر فيه تيارات عالية . أما اذا كانت التيارات عالية جدا ، فان الملف الاول يصنع على شكل قضيب توصيل يمر فى نافذة القلب الفولاذى الذى تلف عليه اللفات للملف الثانوى . وتحسب الملفات الثانوية لمحولات التيار عادة على تيار شدته ٥ أمبير بغض النظر عن شدة التيار التى يحسب من اجلها الملف الاول .

ومن الناحية التصميمية يتألف المحول من الموصل المغناطيسى الذى يركب عليه الملفان الاول والثانوى . وان نسبة عدد اللفات فى الملف الثانوى الى عددها فى الملف الأول تساوى تقريبا نسبة التيار الاول الى التيار الثانوى ، وتسمى بمعامل التحويل للمحول .

يتميز محول التيار بالتيار المقدر الذى يحسب من أجله الملف الاول ، وبالفلطية التى يحسب من اجلها العازل ، وبدرجه دقته وبتركيبه . وتصنع محولات التيار لفلطية ٦ - ١٠ كيلوفولط استنادية او جلبية ، وبملف ثانوى واحد او ملفين ، وبدرجات الدقة ٠,٢ ؛ ٠,٥ ؛ ١ ؛ ٣ . وتبين درجة الدقة ، مقدار الخطأ الأقصى (بنسبة مئوية من التيار المقدر) الذى قد يحصل فى نتائج القياسات .

تستخدم محولات التيار بدرجة الدقة ٠,٢ ، التى تمتاز بأقل خطأ فى القياس ، فى القياسات المخبرية ؛ ومحولات التيار بدرجة الدقة ٠,٥ تستخدم لتغذية العدادات ؛ وبدرجة الدقة ١ و ٣ تستخدم لتغذية ملفات المرحلات



الشكل ١٨ - محولات التيار :

أ - جلبى من الطراز ТПФМ-10 محسوب على ١٠ كيلوفولط ، ب - استنادى من الطراز ТФН-35M محسوب على ٣٥ كيلوفولط ؛ ١ - ملف اولى ، ٢ - عازل خزفي ، ٣ - ملف ثانوى ، ٤ - قلب الملف الثانوى ، ٥ - زاوية تلامس ، ٦ - غطاء ، ٧ - غلاف ، ٨ - شفة علوية ، ٩ - مأخذ تفريعات الملف الثانوى ، ١٠ - لولب مرساتى الشكل ، ١١ - غطاء - قلنسوة ، ١٢ - غطاء خزفي مضلع ، ١٣ - زيت عازل ، ١٤ - ملفات ، ١٥ - نصف طوق ، ١٦ - سدادة تفريغ الزيت ، ١٧ - قاعدة ، ١٨ - علبة التفريعات الثانوية ، ١٩ - قارضة للكابلات ، ٢٠ - مؤشر الزيت

وأجهزة القياس الفنية . ويجب ان تكون الملفات الثانوية مؤرخصة وغير مفصولة ، وذلك فى أغراض سلامة العمل .

يبين الشكل ١٨ - أ محول تيار ذا جلبة من أجل ١٠ كيلوفولط ، ومن الطراز ТПФМ-10 ، وهو يتألف من ملف اولى ١ متعدد اللفات ، يقع فى الجوف الداخلى للعوازل الجلبية ٢ ، ومن الملف الثانوى ٣ . ويتوضع الملف الثانوى حول العوازل ، وهو يتألف من عدة وشائع تركيب على قضبان القلوب ٤ . وينفذ الملف الاوى بسلك دائرى معزول او قضيب توصيل نحاسى عار ، حيث تعزل صفائح قضيب التوصيل عن بعضها البعض بشرائح من الكرتون الكهربائى .

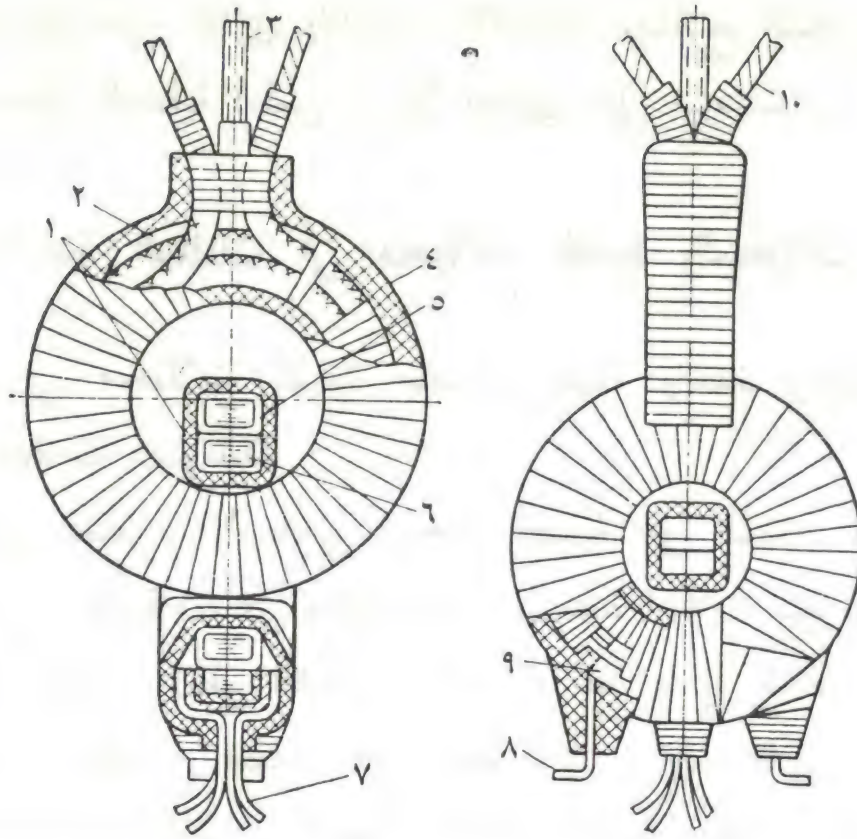
تغلق الاقسام الطرفية للملف الاوى بأغطية معدنية ٦ ، ويغلق الملف الثانوى ٣ بغطاء فولاذى ٧ ، ويخرج طرفا الملف الى الجانب الامامى للشفة ٨ ويوصلان مع المآخذ ٩ .

وتوصل قضبان التوصيل النحاسية لتجهيزة التوزيع مع الملامسات ٥ ، اما قضيب التوصيل التأريضى فيوصل مع لولب التأريض الموجود على شفة محول التيار .

ويبين الشكل ١٨ - ب المحول الاستنادى للتيار من اجل ٣٥ كيلوفولط ، وهو يتألف من الغطاء الخزفى المضلع ١٢ ، توجد فى داخله الملفات ١٤ ذات القلبين . ويتشابك الملفان الاوى والثانوى مع بعضهما مثلما تتشابك حلقات السلسلة .

تتألف الملفات ذات القلبين لمحولات التيار (شكل ١٩) من قلبين شريطيين (حلقين) ٦ ، يلف عليهما الملف الثانوى على هيئة حلزون متعدد اللفات . وتلف الملفات الثانوية للقلوب الداخلية على سطحها بأكمله ، اما الملفات الثانوية للقلوب الخارجية ، فهى تشغل فقط (٦٥ - ٧٠٪) من دائرة القلب ، بحيث يترك اسفل الدائرة دون الملفات للارتكاز على القاعدة المعدنية ٩ . وتزود القاعدة بقديمين ٨ تثبت بواسطتهما مع البلاطة .

ويتكون الملف الاوى ٤ من عقدة متعددة اللفات ، تحيط بكل القلوب ، وهو مزود بماسك الملف ، المؤلف من الصفيحة الفولاذية ٢ المنحنية وفقا



الشكل ١٩ - ملفات محول التيار من الطراز TΦH-35 :

١ - عازل ، ٢ - صفيحة حامل الملف ، ٣ - قلب حامل الملف ، ٤ - ملف أولى ، ٥ - ملف ثانوى ، ٦ - قلب حلقى (شريطى) ، ٧ - مآخذ أطراف الملفات الثانوية ، ٨ - أرجل القاعدة المعدنية ، ٩ - القاعدة المعدنية ، ١٠ - مآخذ أطراف الملف الأول

لشكل الملف ، ومن القضيب الفولاذى ٣ الملحوم بها . ويزود الطرف العلوى للقضيب بقلالوظ يثبت القضيب بواسطته وبصامولة على الوصلة الكائنة فى القسم العلوى للغطاء .

ويصنع العازل العلوى من ورق الكابلات الملفوف على الملفات بشكل نصف متراكب .

محول الفلطية . وهو يقوم بتحويل الفلطية العالية للتيار الكهربائى الى فلطية مناسبة للقياس بواسطة اجهزة القياس النظامية (عادة حتى ١٠٠ فولط) . تصنع محولات الفلطية احادية الطور وثلاثية الاطوار ، وبملفين او بثلاثة ملفات ، ومملوءة بالزيت او جافة .

ومن ناحية البنية التصميمية فان محولات الفلطية شبيهة جدا بمحولات القدرة الموصوفة اعلاه . ولا تحتوى عادة محولات الفلطية للقياس ، على

خزان التمدد والمرّحل الغازى وانابيب الانفلات ومفاتيح التحويل . ويكون عادة خزان محول الفلطية املس ، ولا يحتوى على مبردات .

البند ٦ - بنية الملفات فى محولات القدرة والمحولات الذاتية

تستخدم فى محولات القدرة ملفات بطبقة واحدة وبطبقتين وبعده طبقات ، وملفات متواصلة .

يطلق اسم الملف الاسطوانى الوحيد الطبقة على الملف بطبقة واحدة وبخط حلزونى ، والمؤلف من سلك واحد او عدة اسلاك متوازية . وبالنسبة للملف الوحيد الطبقة (انظر الشكل ١٠ - أ) تقع بداية الملف ونهايته فى طرفين متقابلين . وتتوضع اللفات على خط مائل ، ولذا فلكى نعطي طرفى الملف سطحاً استنادياً افقياً ، تربط باللفات النهائية حلقات تعديل مقطوعة بواسطة شريط لولبى مزدوج عازل . وتقص هذه الحلقات من اسطوانة ورقية - باكليتية ، او يلف على شكل حلقة ، اسفين يتألف من عدة طبقات من الكرتون الكهربائى ، مثبتة مع بعضها بشريط من القماش .

ويتم تثبيت حلقة التعديل بشكل متين على الملف بواسطة شريط من القماش ، مار بين اللفتين الطرفيتين للملف . ولاعطاء الملف متانة ميكانيكية اكبر ، توضع احزمة فوق اللفات المتطرفة وحلقات التعديل ، تتألف من عدة طبقات من شريط لولبى مزدوج أو قماشى وملفوف بحيث تغطى كل لفة لاحقة نصف اللفة السابقة .

يقوى عزل اللفات الطرفية من الملف عن طريق تركيب العلبة ٢ المصنوعة من الكرتون الكهربائى بسماكة ٠,٥ - ٠,٧ مم . وقبل تركيب العلبة يعطى لها الشكل II ، ومن ثم تثبت بشريط من القماش على اللفات الطرفية للملف .

يلف الملف الثنائى الطبقة (انظر الشكل ١٠ - ب) كذلك مثل الملف الوحيد الطبقة ، مع اختلاف واحد هو ان اللفات المؤلفة من سلك او عدة اسلاك ، تلف على طبقتين .

فى الملف الثنائى الطبقة تنتقل اللفات من طبقة الى اخرى فى القسم السفلى للملف ، اما فى الفراغ الكائن بين الطبقتين الداخلية والخارجية فيتم تشكيل اقنية لمرور الزيت ، وذلك بواسطة عوارض خيزرانية واشرطة من الكرتون الكهربائى . ويؤدى وجود هذه الاقنية الى تحسين صرف الحرارة من الملف .

ويلف الملف الاسطوانى المتعدد الطبقات (انظر الشكل ١٠ - ج) بواسطة سلك مستدير على اسطوانة من الورق والباكلت . وتوضع بين الطبقة الاولى الملفوفة على الاسطوانة والطبقات التالية جميعها ، اسطوانات ورقية تتألف من عدة طبقات من ورق الكابلات ، وهى تقوم بدور عازل بين الطبقات .

لقد صنع الملف المتعدد الطبقات والمبين على الشكل ١٠ - ج ، بتفريعات ٧ (انشوطات) تستخدم لضبط الفلطية . وتشكل فروع الضبط من نفس سلك الملف ، وتعزل بورق الكابلات . واذا كان عدد الطبقات كبيرا يصنع الملف على هيئة وشيعة تشكّل بينهما اقنية (بواسطة العوارض) لزيادة تصريف الحرارة من الملف .

ولا يتمتع الملف المتعدد الطبقات بمتانة ميكانيكية كافية بالنسبة للاجهادات المحورية . ولزيادة متانة الملف الميكانيكية يتم لفه بشريط لولبى مزدوج او قماش عازل ، ومن ثم طلاؤه بالورنيش وتلدينه عند درجة الحرارة ٨٠ - ١٠٠ م° .

تستخدم فى محولات القدرة التى تعادل قدرتها ١٠٠٠ كيلوفولط امبير وأكبر ، الملفات المتواصلة أكثر من غيرها ، والتى تتألف من وشائع مسطحة لها نفس القطر ، وموصولة مع بعضها على التسلسل .

يلف الملف المتواصل (انظر الشكل ١٠ - د) باسلاك مسطحة خالية من الانقطاعات واماكن اللحام ، ومن هنا تأتى تسمية هذا النوع من الملفات . ويتم الانتقال لاسلاك الملف من وشيعة الى اخرى فى المجالات الواقعة بين التساميك . ولهذا الغرض يحنى السلك عند مكان الانتقال فى

موضعين ، ثم يعزل قسم الانتقال بشكل اضافى بواسطة علبة من الكرتون العازل كهربائيا ، مثبتة بشريط من قماش التفتا .

وبهدف تحسين ظروف التبريد ، يلف الملف على عوارض خشبية موضوعة على اسطوانة من الورق والبيكالييت ، فتشكل الفراغات الواقعة بين العوارض عندئذ اقنية رأسية للتبريد . وبالإضافة الى الاقنية الرأسية للتبريد ، يتم تشكيل اقنية افقية فى الملفات المتواصلة ، بمساعدة حزم من الواح الكرتون الكهربائى تلبس على صفائح من شجرة الخيزران او البلوط بعد غليها فى الزيت .

يتعلق العمل الطبيعى والمستمر للمحول ، قبل كل شئ بالحفاظ على المتانة الكهربائية لعوازله . وتعتبر المتانة الكهربائية للعوازل احدى المواصفات الرئيسية للمحول ، التى تؤثر على حسن استخدامه .

تقسم عوازل المحول الى عوازل خارجية وداخلية . والعوازل الخارجية هى العوازل الهوائية خارج خزان المحول ، مثلا بين مآخذ مختلف الملفات ، بين المآخذ والاجزاء المؤرضة فى المحول . أما العوازل الداخلية فهى عوازل أقسام المحول الواقعة فى الخزان ، والتى يكون معظمها مغمورا فى الزيت ، كما وتقسم العوازل الداخلية بدورها الى عوازل رئيسية وعوازل طولية .

وتسمى بالعوازل الرئيسية عادة تلك التى تعزل كل ملف عن الأقسام المؤرضة وعن الملفات الأخرى ، اما العوازل الطولية فهى العوازل الواقعة بين مختلف نقاط الملف الواحد ، أى بين اللفات والطبقات والوشائع وغيرها . وتقسم بشكل مشابه لذلك ، عوازل التفريعات ومفاتيح التحويل .

ويبين الشكل ٢٠ تصنيف عوازل المحول .

ويجب ان تصمد عوازل المحول لمدة طويلة ودون تعطب ، ضد التأثيرات الكهربائية والحرارية والميكانيكية والفيزيائية والكيميائية ، التى تتعرض لها اثناء الاستثمار . وتحسب العوازل كهربائيا بحيث تتحمل التجارب الاختبارية والنموزجية الواردة حسب الاصول المعتمدة .

عوزال المحول

العوزال الداخلية في الخزان وفي الزيت

العوزال الخارجية الهوائية

بين ما أخذ مختلف الملفات والأقسام المؤرّضة

العوزال بين ما أخذ الملف (مختلف الأطوار) المبني

العوزال « الرئيسية » بالنسبة للهيكل وبين مختلف الملفات

العوزال « الطولية » بين مختلف أقسام الملف الواقعة تحت فاعلية مختلفة

بين الملف المعنى والأقسام المؤرّضة من الموصل المغناطيسي والخزان

بين مختلف الملفات

بين التفريعات والأقسام المؤرّضة للموصل المغناطيسي والخزان

بين مفاتيح التحويل والأقسام المؤرّضة من الموصل المغناطيسي والخزان

بين مختلف نقاط الملف المعنى

بين اطوار الملف المعنى

بين تفريعات الملف الواحد

بين أقسام مفتاح التحويل، المتصلة مع مختلف نقاط الملف

اسئلة للمراجعة

- ١- ما هو تركيب محول القدرة ثلاثى الطور ؟
- ٢- اذكر أجهزة القياس المركبة على غطاء محول القدرة ، وغاية كل منها .
- ٣- بماذا تختلف الملفات المتمركزة عن المتتابعة ؟
- ٤- لماذا يستخدم مفتاح التحويل فى المحول ؟
- ٥- بماذا يختلف المحول الذاتى عن المحول ؟
- ٦- ما هو الغرض الاساسى لمحولات القياس ؟

الباب الثانى :

تركيب المكثات الكهربائية

البند ٧- تصنيف المكثات الكهربائية والغاية منها

تقسم المكثات الكهربائية من حيث غايتها الى مولدات لتحويل الطاقة الميكانيكية الى طاقة كهربائية ، والى محركات كهربائية لتحويل الطاقة الكهربائية الى طاقة ميكانيكية ، وكذلك الى مكثات خاصة غالبا ما تقوم بتحويل الطاقة الكهربائية من نوع ما الى طاقة كهربائية من نوع آخر . وتنتمى الى هذه المكثات الخاصة ، وحدات تحويل التيار المتناوب بتردد معين الى تيار متناوب آخر ذى تردد آخر ، او تحويل التيار المتناوب الى تيار مستمر ؛ وكذلك وحدات التعويض المستخدمة للتعويض عن القدرة المفاعلة فى الشبكات الكهربائية ؛ والمكثات الكهربائية للتضخيم ، المستخدمة لتقوية القدرة لدى الاشارات الكهربائية ، وغير ذلك .

ومن حيث التركيب يمكن ان تكون المكثات الكهربائية ذات مجمعات او بدونها . وغالبا ما تستخدم المكثات ذات المجمعات ، للعمل على التيار المستمر بصفة مولدات او محركات كهربائية . وقليل ما تستخدم المكثات ذات الموحد للعمل على التيار المتناوب ، حيث تقوم بشكل رئيسى بدور محركات كهربائية ضعيفة القدرة . اما المكثات الكهربائية الخالية من الموحد

فتعمل على الاغلب بالتيار المتناوب ، وتقسم حسب مبدأ عملها الى مكثات غير متزامنة تستخدم بشكل رئيسى بصفة محركات كهربائية ، ومكثات متزامنة تستخدم بصفة مولدات ومحركات كهربائية على حد سواء .

تستخدم المكثات الكهربائية بشكل واسع فى جميع فروع الاقتصاد الوطنى حيث تتنوع ظروف عملها وتختلف أغراض استخدامها ومواصفاتها . ولذا ، فان الصناعة تقوم بانتاج مكثات كهربائية بتصاميم متنوعة : اعمدتها الدوارة تكون افقية او رأسية ، وتثبت على ارجل او شفاة ، وتبرد بطرق متنوعة مثل التبريد بالهواء المنفوخ من الخارج او من الداخل ايضا ، وبمختلف درجات الحماية من الوسط المحيط بحيث تكون مكشوفة او محمية بغطاء من الرذاذ والمياه ، وضد الانفجار ، ومحكمة تماما ، وغير ذلك .

وتثبت على المكثات الكهربائية لوحة صغيرة ، تسجل معطياتها المقدرة الاساسية (القدرة ، الفلطية ، شدة التيار ، عدد الدورات وغير ذلك) التى تحدد نظام عملها المقدر . وهناك بعض المعطيات المقدرة والمتعلقة بنظام العمل لا تذكر على لوحة المكثات (عزم التدوير المقدر ، والتزحلق المقدر وغير ذلك) .

تعتبر القدرة (الاستطاعة) المقدرة اهم ميزة تتميز بها مكثات كهربائية معينة عن اخرى ، وهذه القدرة بالنسبة للمحرك الكهربائى هى قدرته الميكانيكية الناتجة على عمود الدوران عند العمل حسب النظام المقدر ، اما بالنسبة للمولد فهى قدرته الكهربائية ، التى تستطيع المكثات تقديمها للشبكة الخارجية . وتقسم المكثات الكهربائية عادة حسب فلطيتها المقدرة الى مكثات منخفضة الفلطية (أقل من ١٠٠ فولط) ، ومكثات متوسطة الفلطية (من ١٠٠ الى ١٠٠٠ فولط) ، ومكثات عالية الفلطية (اعلى من ١٠٠٠ فولط) .

شرعت مصانع المعدات الكهربائية فى الاتحاد السوفيتى بانتاج المكثات الكهربائية على شكل دفعات موحدة منذ بداية الخمسينات . وتجمع بين المكثات من نفس الطراز مهما كان مصدرها صفتان مشتركتان هما : وحدة الحلول التصميمية ، والاستخدام الاقصى للاجزاء والمجموعات القياسية . وتتطابق قدرات تلك المكثات مع الجدول القياسى للقدرات . وان البارامترات

الاساسية (الفلطية ، عدد الدورات ، ابعاد التركيب ، مدلولات الطاقة) يجب أن تلبى متطلبات المقاييس الحكومية .

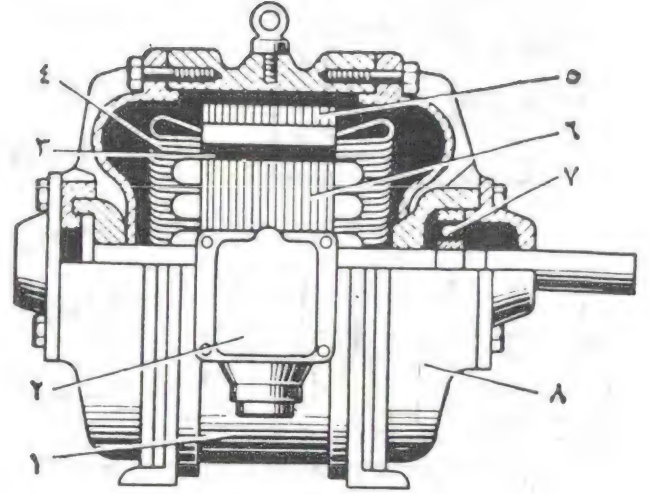
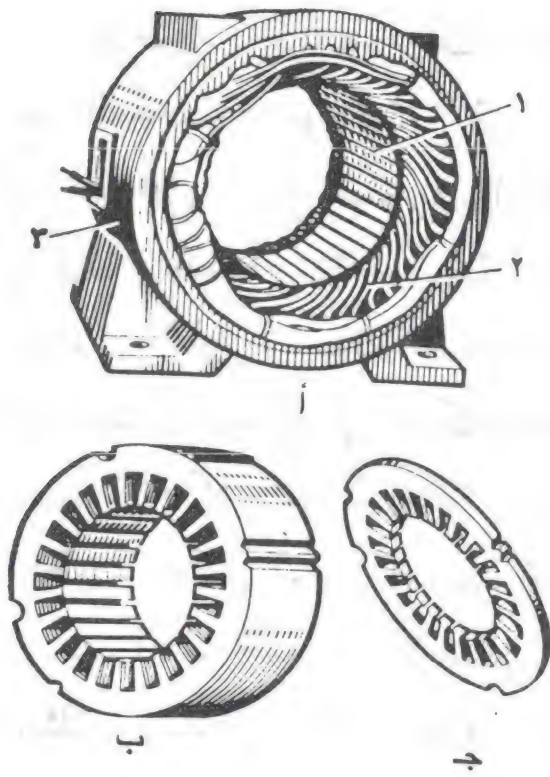
لقد ادى توحيد المنتجات الى زيادة انتاجية العمل فى مصانع المكنتات الكهربائية ، والى تخفيض تكلفة الانتاج وتحسين النوعية وتبسيط التركيب وانقاص تكاليفه ، وكذلك انقاص تكاليف الاستثمار والتصليح .

غالبا ما يتم فى الورشات اصلاح مكنتات كهربائية تتراوح قدرتها من ١ الى ١٠٠ كيلوواط ، وتصل فلطيتها حتى ١٠٠٠ فولط . ولهذا السبب فاننا نغير اهتمامنا الرئيسى لقضايا اصلاح الملفات لهذه المكنتات .

البند ٨ - المكنتات غير المتزامنة

تعتبر المحركات الكهربائية من أكثر المكنتات العاملة بالتيار المتناوب انتشارا فى الوقت الحاضر ، وقد حظيت بالاستخدام الواسع فى مختلف فروع الاقتصاد الوطنى : فى الصناعة والزراعة والبناء ووسائل النقل ، بفضل بساطة تركيبها وضمانتها فى العمل ، ومواصفاتها المرضية وثمانها الرخيص . وتقوم مصانع المكنتات الكهربائية فى الاتحاد السوفيتى سنويا ، بصنع ملايين المحركات الكهربائية غير المتزامنة بقدرات مختلفة وتصاميم متنوعة . ويبين الشكل ٢١ تركيب المحرك الكهربائى الثلاثى الاطوار وغير المتزامن ذى العضو الدوار القصير الدارة ، ويتألف العضو الساكن للمكنة (الشكل ٢٢-أ) من القلب ١ والملف ٢ والهيكل (الفرش) ٣ .

يكون القلب الحديدى (الشكل ٢٢-ب) للعضو الساكن على هيئة اسطوانة مجوفة حاوية على مجار محورية موزعة بانتظام على السطح الداخلى ، وهو يعتبر جزءا من الموصل المغناطيسى للمكنة ، ويتألف من حزمة من صفائح الفولاذ الكهربائى الرقيقة (سماكتها ٠,٥ او ٠,٣٥ مم) ، المصنوعة بطريقة الكبس على شكل حلقات مزودة بنتوءات وحفر موزعة بانتظام على الدائرة الداخلية وتشكل المجارى عند تجميعها (الشكل ٢٢-ج) . وتغطى الصفائح من الطرفين قبل تجميعها بطبقة عازلة ، بقصد انقاص التيارات



الشكل ٢٢ - العضو الساكن للمحرك

الكهربائي اللامتزامن :

- أ - العضو الساكن وهو في حالة التجميع ،
- ب - قلب العضو الساكن ، ج - صفيحة
- القلب ، ١ - القلب ، ٢ - الملف ،
- ٣ - الهيكل (الفرش)

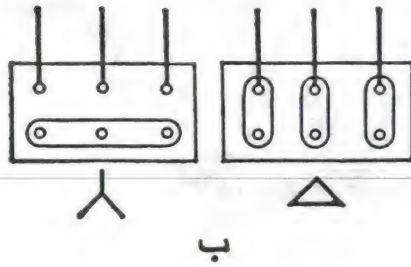
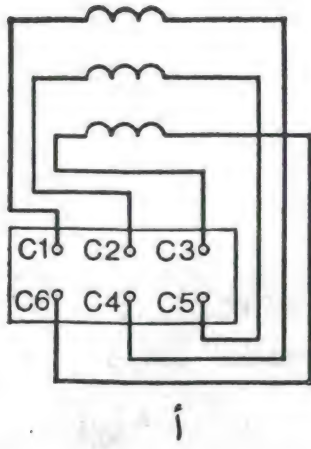
الشكل ٢١ - محرك كهربائي ثلاثي الاطوار

- ولا متزامن ، له عضو دوار مقصر الدائرة :
- ١ - هيكل ، ٢ - علبة المآخذ ، ٣ -
- خلوص هوائي ، ٤ - ملف العضو الساكن ،
- ٥ - القلب الفولاذي للعضو الساكن ،
- ٦ - القلب الفولاذي للعضو الدوار ،
- ٧ - مدرجة ، ٨ - غطاء المدرجة

الدوامية الناشئة في القلب الحديدي اثناء عمل المكنة ، وتخفيض ضياع الطاقة الناجم عن ذلك .

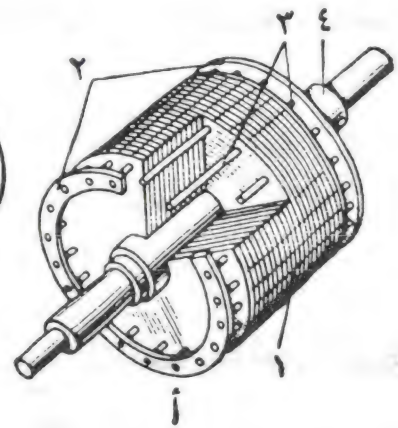
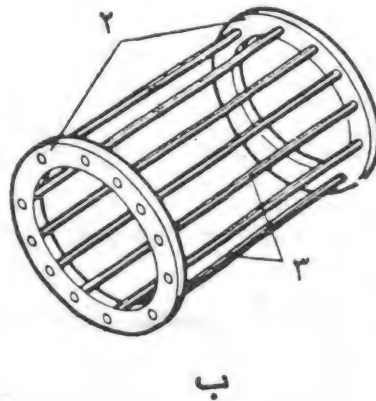
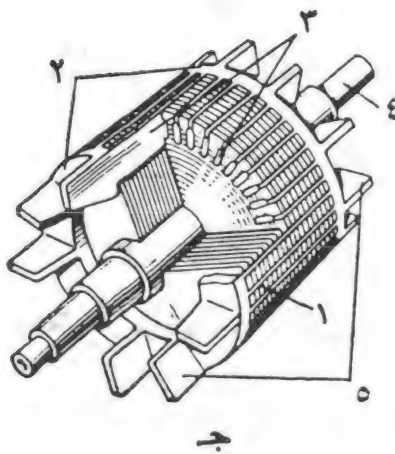
توضع في مجارى القلب الحديدي ملفات ثلاثية الاطوار ، مصنوعة من سلك نحاسي (احيانا من الالومنيوم) معزول .

يحشر عادة ، القلب الحديدي للعضو الساكن مع الملف داخل الهيكل الذي يصنع بالسكب من حديد الزهر او سبيكة الالومنيوم . ويثبت على هيكل العضو الساكن غطاءان واقيان للمدارج مصنوعان بالسكب ، في كل منهما ثقب مركزي من اجل المدارج التي يدور فيها عمود الدوران للعضو الدوار .



الشكل ٢٣ - توصيل نهايات الملفات مع المآخذ (أ)، وتوصيل مآخذ العلبة عند تشغيل الملفات الطورية بشكل نجمي أو مثلثي (ب)

وتوصل اطراف ملف العضو الساكن مع المآخذ الموجودة في علبة المآخذ المثبتة على هيكل المحرك (الشكل ٢٣ - أ)، ويكون عددها عادة ستة اطراف للملف الثلاثي الاطوار، حيث ان ذلك يفسح المجال لاستخدام المحرك في شبكات مختلفة الفلطية بمقدار $\sqrt{3}$ مرة (مثلا ٣٨٠ و ٢٢٠ فولط). يطابق الوصل النجمي للملفات الفلطية الاعلى، اما الفلطية الانخفض فتوافق الوصل المثلثي (الشكل ٢٣ - ب). ولتبسيط هذه التحويلات يجرى تعليم المآخذ لملفات العضو الساكن في العلبة بطريقة معينة، كما أنها تتوضع حسب ترتيب معين. ويتألف العضو الدوار للمكنة (الشكل ٢٤ - أ) من القلب الحديدي والملف وعمود الدوران، وينفصل القلبان الحديديان للعضوين الساكن والدوار عن بعضهما بخلوص هوائي صغير (عادة ٠,٢ - ٠,٤ مم).

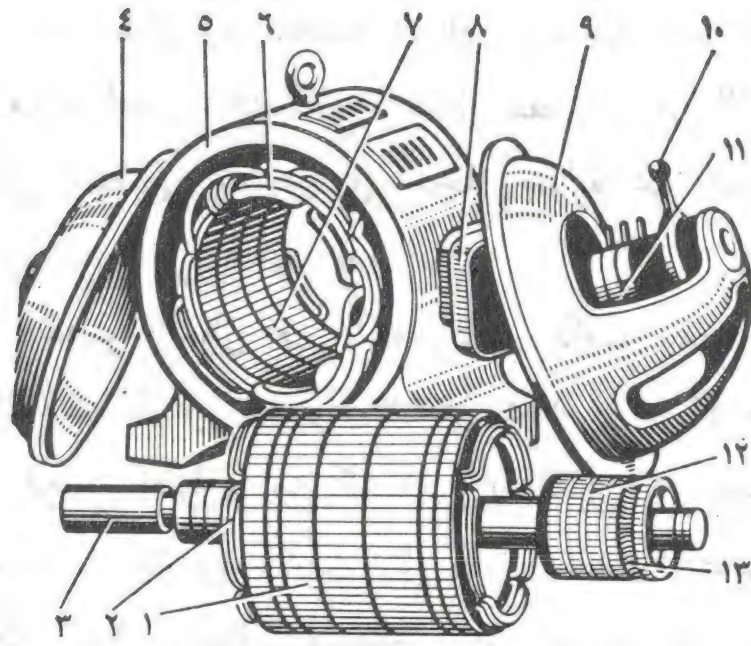


الشكل ٢٤ - عضو دوار مقصر الدائرة في محرك كهربائي لامتزامن :
 أ - القضبان موضوعة في المجاري ، ب - «قفص السنجاب» ، ج - مع ملف مسكوب من سبيكة الالومنيوم ؛ ١ - قلب العضو الدوار ، ٢ - حلقات تقصير دائرة الملف ، ٣ - قضبان الملف ، ٤ - عمود الدوران ، ٥ - ريش التهوية

يشكل القلب الحديدي (١) للعضو الدوار جزءا من الموصل المغناطيسي ، وهو عبارة عن حزمة متألفة من الصفائح الرقيقة المصنوعة من الفولاذ الكهربائي . ولهذه الحزمة شكل اسطوانى يحتوى على مجار طولية على السطح الخارجى ، وعلى ثقب مركزى من اجل عمود الدوران .

يكون ملف العضو الدوار فى المحركات ذات العضو الدوار القصير الدارة ، على هيئة قضبان غير معزولة ٣ من النحاس او الالومنيوم توضع فى مجارى القلب ، توصل اطرافها من الجانبين بحلقتين ٢ مصنوعتين عادة من معدن القضبان نفسه . ويدعى كذلك مثل هذا الملف القصير الدارة «بقفص السنجاب» (الشكل ٢٤ - ب) . ويصنع هذا الملف فى المحركات التى تصل قدرتها حتى ١٠٠ كيلوواط ، بطريقة سكب الالومنيوم المصهور فى المجارى ، تحت الضغط (الشكل ٢٤ - ج) . وفى نفس الوقت تسكب القضبان ٣ والحلقتان ٢ ، وشفرات التهوية ٥ . وتصنع فى هذه الحالة ، مجارى القلب بشكل مغلق على هيئة دائرة او قطع ناقص .

يبين الشكل ٢٥ محركا كهربائيا ثلاثى الاطوار غير متزامن ، له عضو دوار طورى ، ويطابق تركيب عضوه الساكن لما هو فى المحرك الحاوى على عضو دوار من طراز قفص السنجاب ، اما العضو الدوار ذاته فيختلف من حيث تركيبه . وقلب العضو الدوار عبارة عن حزمة اسطوانية الشكل مصنوعة من صفائح رقيقة بطريقة الكبس من الفولاذ الكهربائي ، تتركب على عمود الدوران ٣ . وتوجد مجار على السطح الخارجى للقلب ، يوضع فيها الملف الثلاثى الاطوار ٢ المصنوع من السلك النحاسى المعزول . وينفذ ملف العضو الدوار الطورى حسب نفس المخططات التى ينفذ بموجبها ملف العضو الساكن ، وتوصل الاطراف عادة بشكل نجمة ، ويجرى اخراج الاطراف الثلاثة الحرة للنجمة باسلاك معزولة ، مارة عبر الثقب المحفور داخل عمود الدوران (انظر الشكل ٢٧ - ب) ، الى ثلاث حلقات للتماس ١٢ موجودة على العمود (وتصنع عادة من النحاس او النحاس الاصفر) ، ومعزولة كهربائيا عن بعضها البعض وعن العمود . وتتلامس هذه الحلقات الدوارة أثناء عمل المحرك ، مع الفراجين الثابتة المركبة فى



الشكل ٢٥ - محرك كهربائي لامتزامن له عضو دوار طورى :

١ - قلب العضو الدوار ، ٢ - ملف العضو الدوار ، ٣ - عمود ، ٤ - غطاء المدرجة من جهة جهاز التحريك ، ٥ - هيكل العضو الساكن ، ٦ - ملف العضو الساكن ، ٧ - قلب العضو الساكن ، ٨ - علبة المآخذ ، ٩ - غطاء المدرجة من جهة حلقات التماس ، ١٠ - ذراع نبيطة تقصير الدائرة ، ١١ - حوامل الفراشي ، ١٢ - حلقات التماس ، ١٣ - الحلقة المتحركة على طول العمود لنبيطة تقصير الدائرة

حوامل الفراجين ١١ ، التى تثبت على الغطاء الواقى ٩ للمدرجة . ويتم توصيل الاطراف الستة لملف العضو الساكن ٦ مع علبة المآخذ ٨ ، الموجودة على هيكل المحرك ٥ . وبالإضافة الى ذلك توصل مع علبة المآخذ ، الاطراف الثلاثة لملف العضو الدوار ٢ (عبر حلقات التماس والفراجين) . وبهذه الطريقة ، يمكننا أن نوصل ريوستات التنظيم أو الاقلاع ، والخوانق ، وغير ذلك فى دائرة ملف العضو الدوار .

وفى بعض المحركات الكهربائية غير المتزامنة ذات العضو الدوار الطورى التى تم تصنيعها سابقا ، يوجد جهاز لتقصير الدارة ، يتألف من الذراع ١٠ المزود بشوكة ، ومن الحلقة المتحركة ١٣ . وبواسطة هذا الجهاز توصل حلقات التماس الثلاث فى العضو الدوار مع بعضها كهربائيا اثناء دورانه ، وترتفع الفراجين ، وذلك بعد انتهاء فترة بدء تشغيل (اقلاع) المحرك ، وإخراج ملف ريوستات الاقلاع من الدارة .

وتكون المحركات الكهربائية غير المتزامنة ، والمزودة بالعضو الدوار الطورى ، اعقد تركيباً ، وأعلى فى ثمناً ، واقل ضماناً من المحركات المزودة بالعضو الدوار القصير الدارة (قفص السنجاب) ، ولذلك فهى تستخدم اقل بكثير ، مثلاً فى اجهزة التحريك العاملة فى ظروف صعبة لبدء التشغيل ، او حيث يجب تلبية متطلبات خاصة لانسياب بدء التشغيل ، وعند الحاجة الى ضبط وتغيير عدد الدورات وغير ذلك .

لقد بدأ الانتقال فى صناعة الاتحاد السوفيتى الى انتاج دفعات موحدة من المكائن الكهربائية ، من انتاج المحركات الكهربائية غير المتزامنة ، باعتبارها مكائن تحظى باوسع استخدام فى البلاد .

وكانت الدفعة الاولى الموحدة للمحركات الكهربائية غير المتزامنة والشاملة الاغراض ، قد ظهرت فى بداية الخمسينات . وكان يرمز للمحركات الكهربائية بالرمز A (محمية من الرذاذ) ، وبالرمز AO (مغلقة وتبرد بالهواء) . وكانت تلك الدفعة تضم محركات عدد دوراتها ٣٠٠٠ ، ١٥٠٠ ، ١٠٠٠ ، ٧٥٠ دورة/دقيقة ، وقدراتها (٠,٦ - ١,٠ - ١,٧ - ٢,٨ - ٤,٥ - ٧ - ١٠ - ١٤ - ٢٠ - ٢٨ - ٤٠ - ٥٥ - ٧٥ - ١٠٠ كيلوواط) ، وفيها ١٤ قياساً .

وبالاضافة الى المحركات الكهربائية الاساسية التى دخلت ضمن الدفعة الموحدة الاولى ، فانها كانت تضم عدداً من الانواع المزودة بتجهيزات خاصة : محركات ذات عزم مرتفع عند بدء التشغيل (يرمز لها بالرمز AOΠ و AOΠ) ، ومحركات ذات سرعات متعددة (يذكر فى رموزها عدد الاقطاب الموافق ٤/٦/٨) ، ومحركات ذات عضو دوار طورى (AK) . ونظراً للحاجة الى توفير النحاس ، فقد صنعت محركات كهربائية مزودة بملفات من الالومنيوم فى العضو الساكن ، معزولة بعازل مينائى (كان الحرف A يضاف فى نهاية رمز هذه المحركات بعد ذكر هذه الاقطاب) . لقد صنعت هياكل المحركات الكهربائية A و AO من حديد الزهر الرمادى (الفونت) بطريقة السكب ، بينما صنعت هياكل المحركات (القياسان الثالث والرابع) من سبيكة الالومنيوم . ويزود هيكل المحركات

المحمية من الرذاذ (A) بثقبين جانبيين وثقب واحد فى الأسفل لخروج هواء التبريد (يتم امتصاص الهواء عبر ثقب موجودة فى اغطية المدارج) . وفى داخل الهيكل توجد اربعة اضلاع طولية يثبت عليها قلب العضو الساكن مع الملف . اما هياكل المحركات المغلقة والتي يتم تبريدها بالتهوية (AO) ، فهى مزودة من الخارج باضلاع طولية تعمل على زيادة سطح التبريد ، ويكون السطح الداخلى لهياكل هذه المحركات معالجا على المخرطة ، ولكنه يحتوى على أقنية طولية يتم الحصول عليها بواسطة السكب ، تدخل فيها اقواس تثبيت قلب العضو الساكن . وتزود المحركات AO من القياسات ٧-٩ كذلك بأقنية مخصصة للدوران الداخلى للهواء .

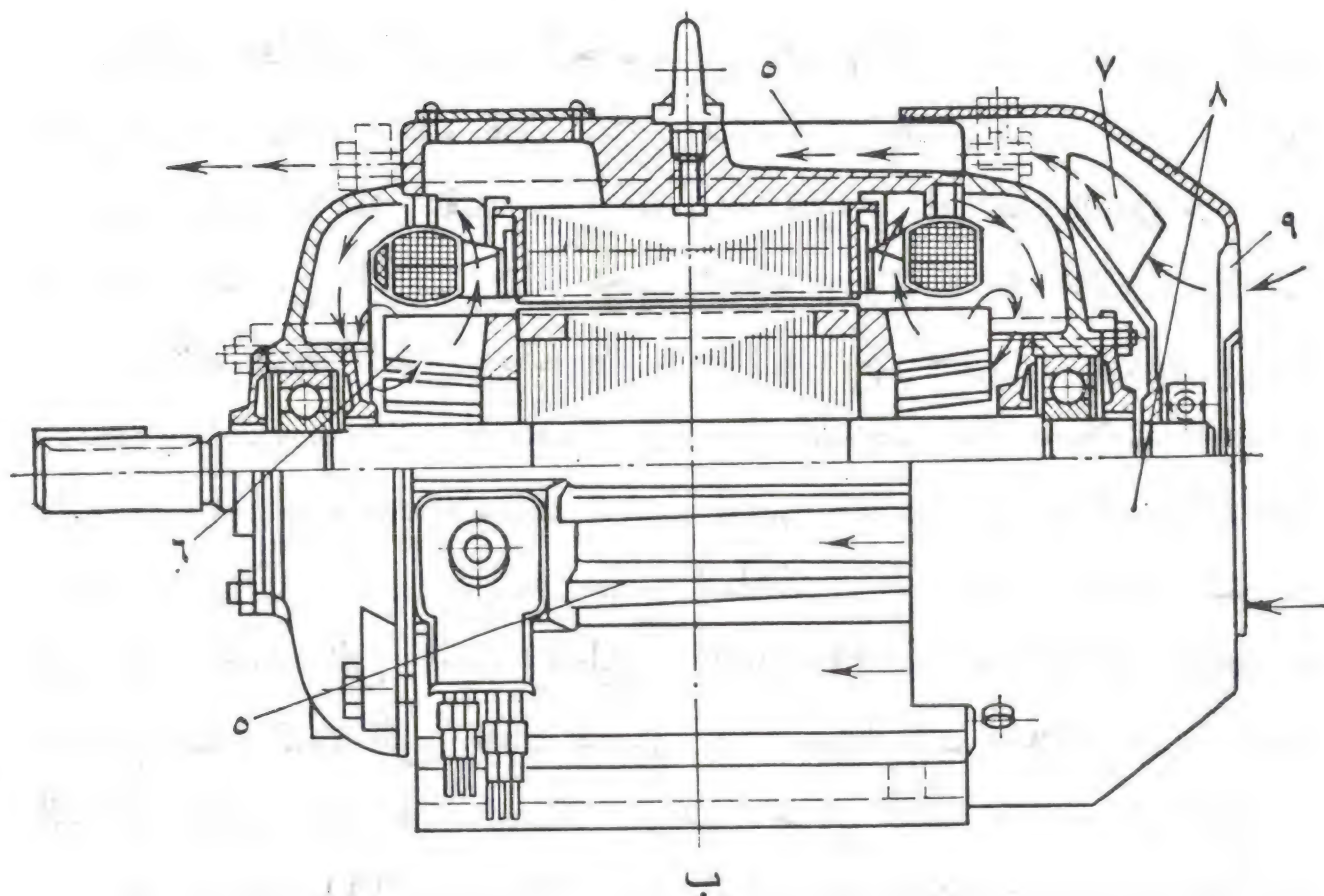
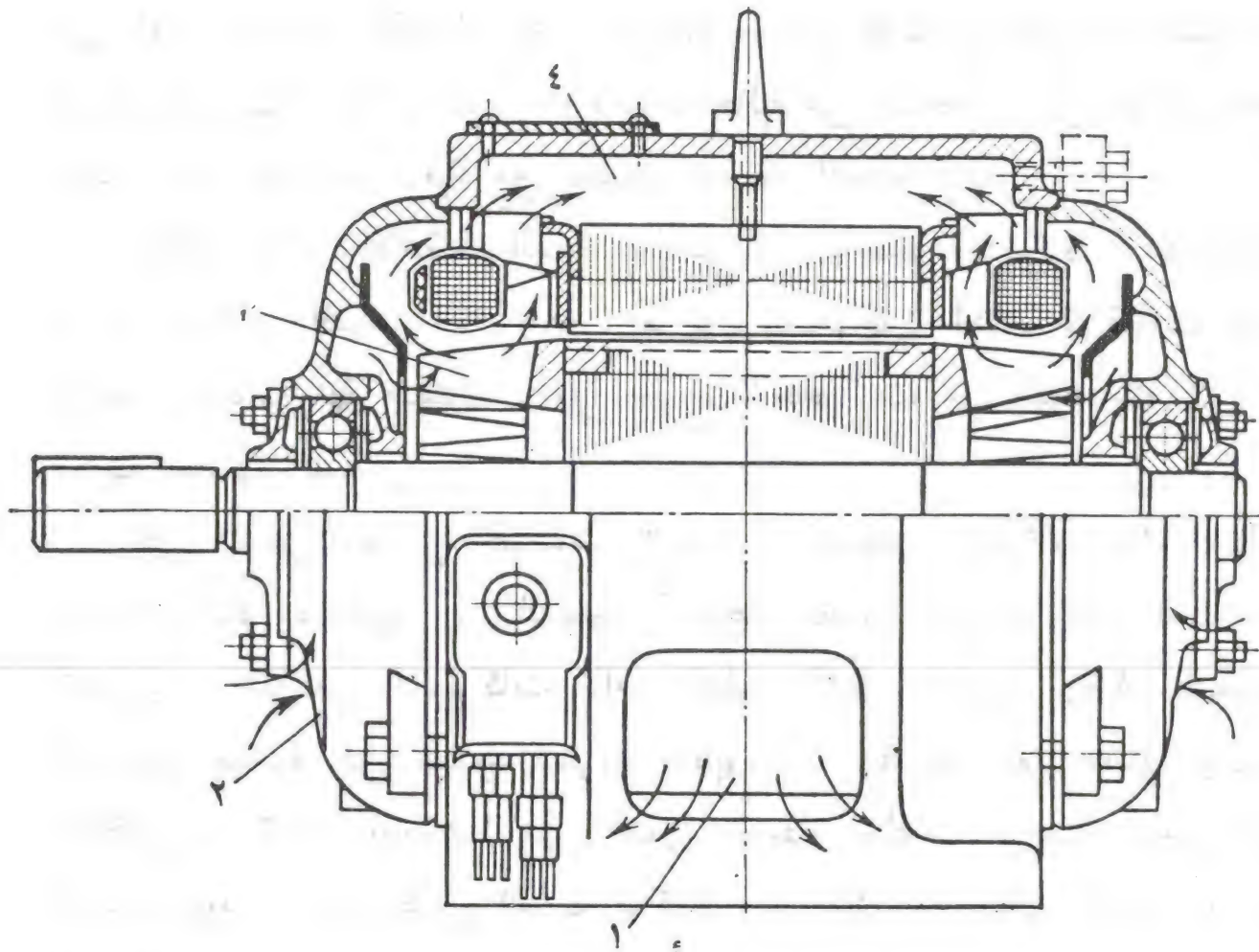
وفى المحركات الكهربائية المحمية (الشكل ٢٦-أ) لجميع قياسات الدفعة الموحدة الاولى ، يزود العضو الدوار من طرفيه بريشتى التهوية ٣ ، المثبتتين على حلقات تقصير الدارة والتي صنعت بالسكب كقطعة واحدة مع الحلقات .

وفى المحركات الكهربائية المغلقة والتي تبرد بالهواء المنفوخ (الشكل ٢٦-ب) توجد مروحة نابذة خارجية ٧ ، مغطاة بغطاء ٨ مكبوس من لوح فولاذى ، وهى تتركب على طرف عمود الدوران المقابل للطرف العامل ، ويتوجه الهواء على الاضلاع الخارجية ٥ للهيكل . وبالإضافة الى ذلك فان هذه المحركات من القياسات ٧-٩ تزود بمروحة اضافية داخلية لخلط الهواء داخل الممكنة ، بحيث يساهم ذلك فى تصريف الحرارة بصورة افضل . يتألف القلب فى العضو الساكن لمحركات الدفعة الموحدة الاولى من صفائح مكبوسة من الفولاذ الكهربائى بسماكة ٥،٥ مم . وعند تحضير القلوب تجمع الصفائح على قاعدة ، ثم تضغط فى حزمة ، وتثبت الحزمة باقواس تلحم على السطح الخارجى بواسطة اللحام الكهربائى (اما حزم الأعضاء الساكنة فى المحركات AOI فتسكب عليها سبيكة الالومنيوم تحت الضغط ، دون استخدام أقواس التثبيت) . ومنعا لتباعد الاسنان وللتثبيت الافضل للحزمة ، توضع على طرفى قلب العضو الساكن صفيحتان طرفيتان سميكتان مع فلكتين (حلقتى تثبيت) ، وتكون جميعها مثبتة بنفس الاقواس .

وفي المحركات من القياسات ٦ - ٨ تكون مجارى الصفائح الطرفية والصفائحتين المجاورتين ذات ابعاد اكبر ، والاسنان خالية من التيجان . ولزيادة الجساءة تلحم عدة صفائح طرفية مع بعضها بواسطة اللحام النقطة . وتكون ملفات الاعضاء الساكنة ذات طبقة واحدة ومتمركزة ، وذلك في المحركات من القياسات ٣ - ٥ ، ما عدا المحركات الثنائية الاقطاب فهي مزودة بملفات لها طبقتان . وفي جميع المحركات من القياسات ٦ - ٩ تكون ملفات بطبقتين .

وفي المحركات من القياسات ٣ - ٥ ، تضغط حزم الأعضاء الدوارة ذات الدائرة المقصورة على السطح المطرطر لعمود الدوران دون استخدام الخوابير . اما في المحركات ذات العضو الدوار الطوري (AK) فتجمع الصفائح مباشرة على العمود المزود بخابور ، وتضغط مع بعضها وتثبت بفلكتين ، تثبتان بدورهما على العمود بواسطة حلقات نابضية تدخل في أقنية العمود . وعلى طرفي القلب تركيب صفيحتان سميكتان لتجنب تباعد الاسنان .

وتكون حلقات التماس النحاسية في المحركات ذات العضو الدوار الطوري ، مغطاة بغطاء قابل للترع مزود من جانبه بثقب لدخول هواء التبريد ، ومن الاسفل بثقب لخروجه . اما حوامل الفراجين المزدوجة فهي مصنوعة بالكبس والبراشيم وتقع تحت الغطاء ، وتثبت على قضيب معزول . وخلافا للمحركات المغلقة والتي تبرد بالنفخ الخارجى (AO) ، فان المحركات المحمية (A) لا تحتوى في علبة المآخذ على وصلات خاصة ، وانما يتم اخراج مآخذ الاسلاك لملف العضو الساكن على هيئة اسلاك حرة مزودة باطراف وصل . ويتم اخراج المآخذ الستة لملف العضو الساكن في المحركات التي تكون فلطيتها ١٢٧/٢٢٠ و ٢٢٠/٣٨٠ فولط ، اما في المحركات التي تعادل فلطيتها ٥٠٠ فولط فان اسلاك ملف العضو الساكن توصل على هيئة نجمة ، ويتم اخراج ثلاثة اطراف حرة فقط . وفي الاعوام ١٩٦١ - ١٩٦٥ ، بدأت الصناعة السوفيتية بانتاج المحركات الكهربائية الموحدة من الدفعة الثانية التي جاءت عوضا عن الدفعة الاولى .



ويرمز لهذه المحركات بالرمز A2 (المحركات المحمية من الرذاذ) ، وبالرمز AO2 (المحركات المغلقة والمبردة بالنفخ الخارجى) ، وهى تختلف عن محركات الدفعة الموحدة الاولى بمردود (معامل كفاية) أعلى وبقيمة أكبر للمقدار $\cos \varphi$ ، وبحجم أصغر ووزن أقل من اجل نفس القدرة (الاستطاعة) ، وتمتاز ايضا بزيادة نسبة الاجزاء والوحدات القياسية . وقد تم التوصل الى تحسين المدلولات المتعلقة بالطاقة وانقاص الكتلة ، بشكل رئيسى بفضل استخدام مواد عازلة للأسلاك تستطيع الصمود بشكل أفضل ضد الحرارة . وتشمل الدفعة الموحدة الثانية للمحركات الكهربائية اللامتزامنة ، المخصصة للاستخدام الواسع فى الصناعة ، على تسعة قياسات . وفى كل قياس يوجد محركان بطولين مختلفين . وهناك ١٨ درجة للقدرة فى النطاق الواقع بين ٠,٦ و ١٠٠ كيلوواط ، وهى كما يلى : ٠,٦ - ٠,٨ - ١,١ - ١,٥ - ٢,٢ - ٣ - ٤ - ٥,٥ - ٧,٥ - ١٠ - ١٣ - ١٧ - ٢٢ - ٣٠ - ٤٠ - ٥٥ - ٧٥ - ١٠٠ كيلوواط . وهذا يعنى وجود ٤ درجات زيادة عما فى الدفعة الموحدة الاولى ، مما يسمح بتلبية حاجات العديد من فروع الاقتصاد الوطنى . كما اتسع نطاق عدد الدورات من اربع درجات الى خمس ، وهى : ٣٠٠٠ ، ١٥٠٠ ، ١٠٠٠ ، ٧٥٠ ، ٦٠٠ دورة/دقيقة .

وتتضمن الدفعة الموحدة الثانية سبعة انواع مختلفة كهربائيا : محركات ذات عزم مرتفع لبدء التشغيل (AOΠ2) ؛ محركات ذات حلقات انزلاقية (AOC-2) و (AOΠC2) ؛ محركات مزودة بعضو دوار طورى (AOK2) و (AK2) ؛ محركات متعددة السرعات ؛ محركات ذات مدلولات كهربائية

الشكل ٢٦ - مقطع المحرك الكهربائى اللامتزامن من الدفعة الموحدة الاولى (القياس الرابع) ، ومخطط حركة هواء التبريد :

أ - محرك ذو تصميم محمى (A) ، ب - محرك ذو تصميم مغلق يبرد بالنفخ الخارجى (AO) ،
١ - ثقب فى الهيكل لخروج هواء التبريد ، ٢ - ثقب فى اغطية المدارج لدخول هواء التبريد ،
٣ - ريش المروحة ، ٤ - ضلع طولى فى الهيكل لتثبيت قلب العضو الساكن ، ٥ - الاضلاع الخارجية لتبريد الهيكل ، ٦ - ريش المراوح التى تحرك الهواء داخل المكنة ، ٧ - مروحة النفخ الخارجى ، ٨ - غلاف مروحة النفخ الخارجى ، ٩ - ثقب فى الغلاف لسحب هواء التبريد

مرتفعة ، مخصصة لصناعة النسيج (AOT2) ؛ محركات مزودة بملفات مصنوعة من الألومنيوم للعضو الساكن ؛ ومحركات مخصصة للتردد ٦٠ هرتز (يضاف الرقم ٦٠ الى رمز هذا النوع من المحركات) .

واضافة الى التصميم الاساسية A2 و AO2 ، فقد تم استدراك ستة تصاميم متخصصة أخرى ، وهى : التصميم الخاص بالمناطق الحارة (T) ، والمحركات الصامدة كيميائيا (X) ، والمحركات الصامدة للرطوبة والصقيع (B) ، والمحركات المنخفضة الضجيج (III) ، والمحركات الخاصة بمكنات التشغيل الدقيقة (C1) والفائقة الدقة (C2) . وتضاف الاحرف والارقام المبينة بين قوسين ، الى الرمز الكامل لنمط المحرك .

وتتضمن الدفعة الثانية الموحدة للمحركات الكهربائية ثلاثة اشكال تصميمية : محركات بارجل ولها غطاءان للمدرج (1M1) ، ومحركات بارجل ، ولكنها مزودة بشفة على غطاء المدرجة من جهة الجانب العامل لعمود الدوران (1M2) ؛ ومحركات بدون ارجل ، ولكنها مزودة بشفة على غطاء المدرجة من جهة الجانب العامل لعمود الدوران (1M3) .

وتمتاز المحركات الكهربائية من القياسات ١ - ٥ بتصميم مغلق ومبرد بالنفخ الخارجى (AO2) ، اما المحركات من القياسات ٦ - ٩ فهي تكون بتصميم مغلق ومبرد بالنفخ (AO2) او بتصميم محمى (A2) . وقد جرى تحسين منظومة التهوية نوعا ما فى محركات الدفعة الثانية ، مما ادى الى التبريد الافضل للمكنات .

وقد صنعت هياكل المحركات واغطية المدارج فى محركات الدفعة الثانية من حديد الزهر ؛ الا ان المحركات من القياسات ١ - ٣ والنمط AOЛ2 ، فان هياكلها واغطية مدارجها صنعت من سبيكة الألومنيوم .

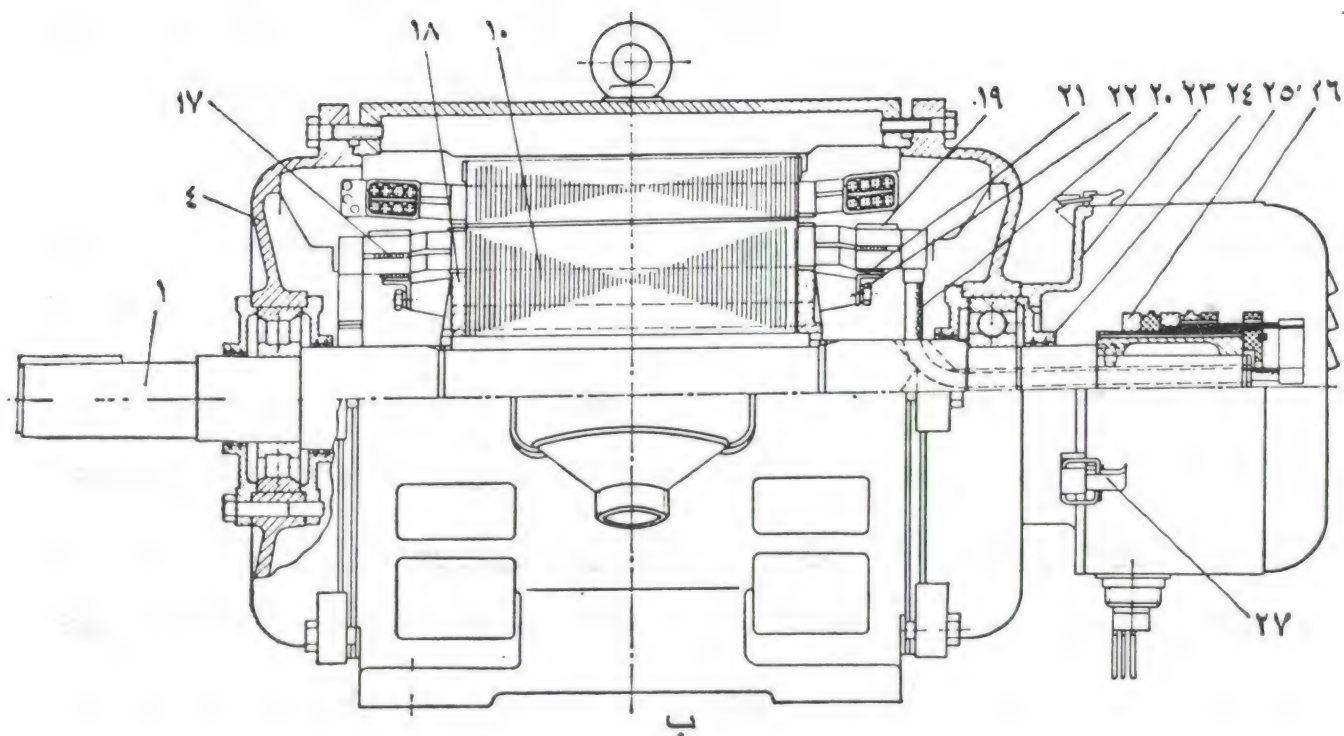
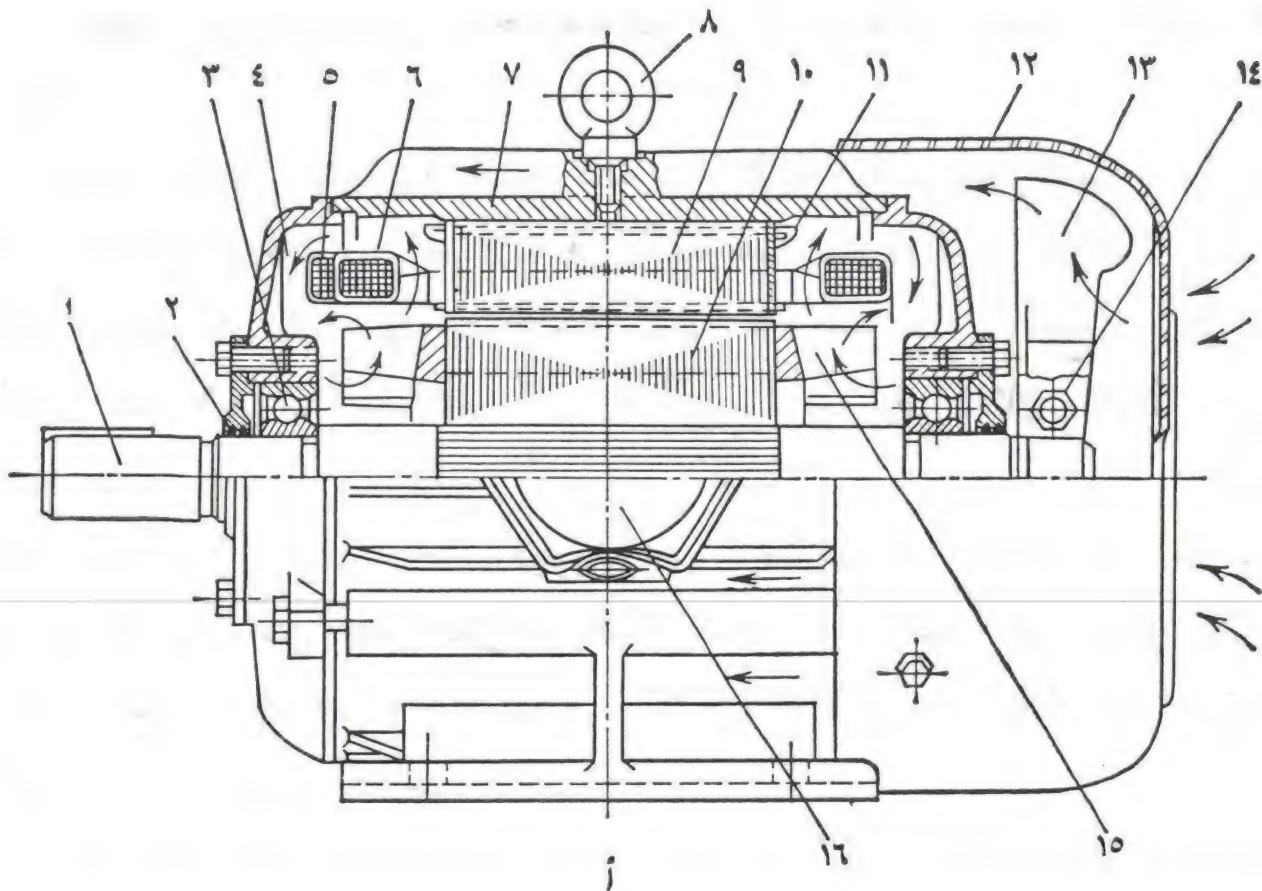
تكون مجارى القلوب الحديدية فى الاعضاء الساكنة بشكل نصف مغلق ، اما ملفات الاعضاء الساكنة فهي مصنوعة من السلك ماركة ПЭТ (ما عدا المحركات ذات التصميم الخاصة) . وتكون الملفات بطبقة واحدة فى المحركات من القياسات ١ - ٣ ، وجزئيا من القياس الرابع ، اما ملفات المحركات الكبيرة الحجم فتكون بطبقتين .

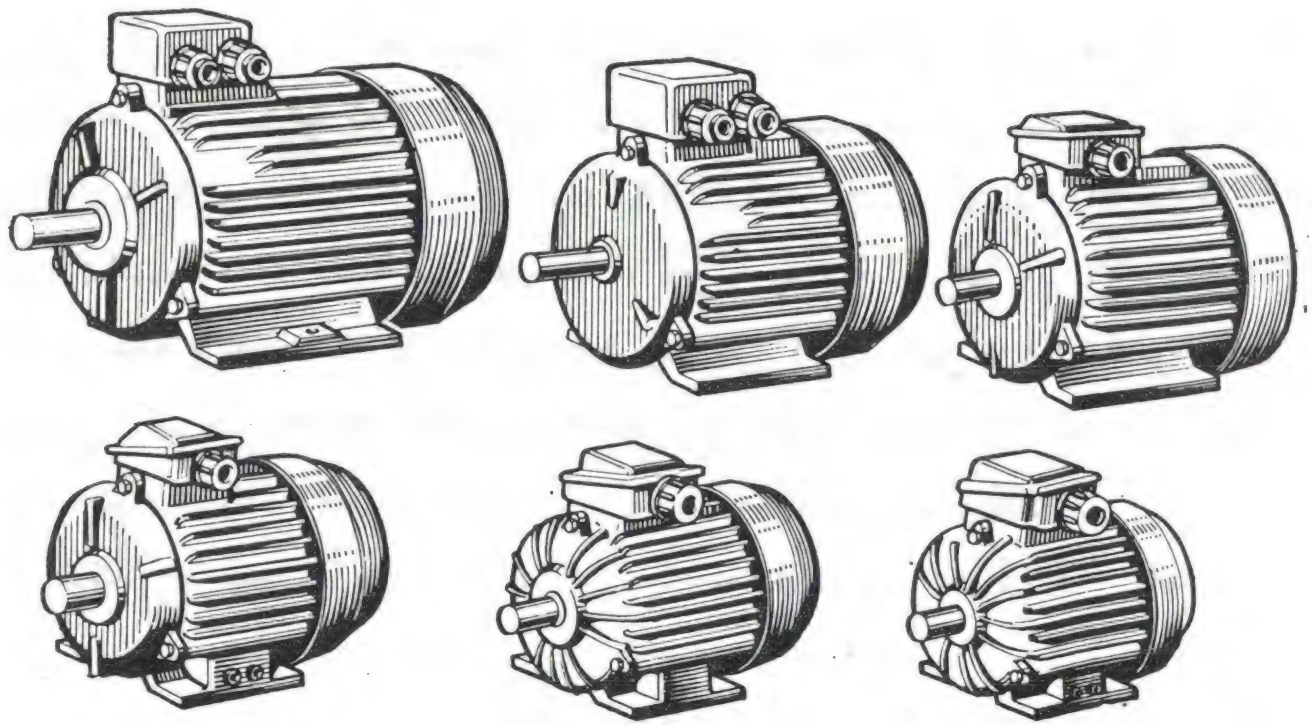
تتغذى هذه المحركات بتيار كهربائي فلفطته ٢٢٠/٣٨٠ أو ٣٨٠ أو ٥٠٠ فولط . وفى التصاميم المخصصة للمناطق الحارة تكون الفلفطية ٢٣٠/٤٠٠ فولط .

ويبين الشكل ٢٧ بنية المحركات من الدفعة الموحدة الثانية . ويرمز لنمط المحرك بأحرف وأرقام كما فى الدفعة الموحدة الاولى . فمثلا ، يفسر الرمز AO-51-4 كما يلى : A - لامتزامن ، O - يبرد بالنفخ ، والرقم الاول بعد الأحرف يدل على رقم القياس ، اما الرقم الثانى فيدل على مرتبة الأطوال ، ويدل الرقم الأخير على عدد الأقطاب . وبالتالى ، فإن الرمز المذكور يعود الى محرك كهربائى من الدفعة الموحدة الاولى ، لامتزامن وثلاثى الطور ، ذى عضو دوار على شكل قفص السنجاب ، فى هيكل مغلق يبرد بالنفخ ، وله قلب حديدى من القياس الخامس ، وطوله من المرتبة الاولى ، وله أربعة أقطاب .

اما الرمز AO2-61-6 فيعود الى محرك كهربائى من الدفعة الموحدة الثانية ، ثلاثى الطور وغير متزامن ، له عضو دوار على شكل قفص السنجاب ، وهو ذو تصميم مغلق يبرد بالنفخ ، وقلبه الحديدى من القياس السادس ، وطوله من المرتبة الاولى ، وله ستة أقطاب .

ان الدفعة الموحدة الجديدة 4A ، التى بدأ استثمارها فى الوقت الحاضر عوضا عن الدفعات السابقة للمحركات الكهربائية اللامتزامنة ، والمخصصة للأغراض الصناعية العامة ، جاءت نتيجة للتطور النوعى اللاحق لصناعة المعدات الكهربائية السوفيتية . فهذه المحركات 4A (الشكل ٢٨) تختلف عن سابقتها من المحركات بوزنها الأقل وحجمها الأصغر وانخفاض مستوى ضجيجها وارتجاجها ، وازدياد عزم بدء التشغيل وارتفاع ضمانتها . فمثلا ، اذا كان المحرك الكهربائى من الدفعة الاولى ذا عضو دوار على هيئة قفص السنجاب ، وله تصميم مغلق ويبرد بالنفخ ، ومحسوب على قدرة ٤ كيلواط مع عدد دورات ١٥٠٠ دورة/دقيقة ، وإذا كان هذا المحرك يزن ٧٩ كيلوغراما ، ويعادل عزم الاقلاع (بدء التشغيل) فيه ١,٤ مرة للعزم المقدّر ؛ فان كتلة مثل هذا المحرك من الدفعة الموحدة الثانية نقصت حتى





الشكل ٢٨ - المحركات الكهربائية الثلاثية الاطوار واللامتزامنة ، من الدفعة القياسية 4A

٦٠ كيلوغراما ، ونسبة عزم الاقلاع الى العزم المقدر ارتفعت حتى ١,٥ مرة ؛ اما فى الدفعة الجديدة 4A فان الكتلة اصبحت ٤٠,٥ كيلوغراما والنسبة ٢ مرة . يعود الفضل فى تحسين نوعية محركات الدفعة الجديدة الموحدة الى استخدام فولاذ كهربائى افضل فى الموصلات المغناطيسية يمتاز بفقدان

الشكل ٢٧ - المحركات الكهربائية اللامتزامنة من الدفعة الموحدة الثانية :

- أ - طراز AO2-41 ، ب - طراز AK2-81 ؛ ١ - عمود الدوران ، ٢ - غطاء المدرجة ،
- ٣ - المدرجة ، ٤ - غطاء المدرجة ، ٥ - النهايات الخارجية لأسلاك ملف العضو الساكن ،
- ٦ - وشيعة الملف الاحادى الطبقة للعضو الساكن ، ٧ - هيكل العضو الساكن ، ٨ - حلقة للرفع ، ٩ - قلب العضو الساكن ، ١٠ - قلب العضو الدوار ، ١١ - قوس لشد رزمة الصفائح
- لقلب العضو الساكن ، ١٢ - غلاف مروحة النفخ الخارجى ، ١٣ - مروحة النفخ الخارجى ،
- ١٤ - لولب تثبيت عنق المروحة على عمود الدوران ، ١٥ - ريش المروحة التى تحرك الهواء داخل المكنة ، ١٦ - علبه المآخذ ، ١٧ - ملف العضو الدوار ، ١٨ - فلكة ضاغطة ، ١٩ -
- حزام القسم الجبهى لملف العضو الدوار ، ٢٠ - مأخذ من ملف العضو الدوار الى حلقة التماس ،
- ٢١ - الحلقة الساندة للاقسام الجبهية لملف العضو الدوار ، ٢٢ - نتوءات الفلكة الضاغطة ،
- ترتكز عليها الحلقة الساندة ، ٢٣ - قرص يثبت عليه محور حامل الفراشى ، ٢٤ - الغطاء الخارجى لحجرة المدرجة (يثبت بالقرص ٢٣) ، ٢٥ - حلقات التماس ، ٢٦ - غطاء قابل للنزع
- للنزع لحلقات التماس ، ٢٧ - قفل الغطاء القابل للنزع

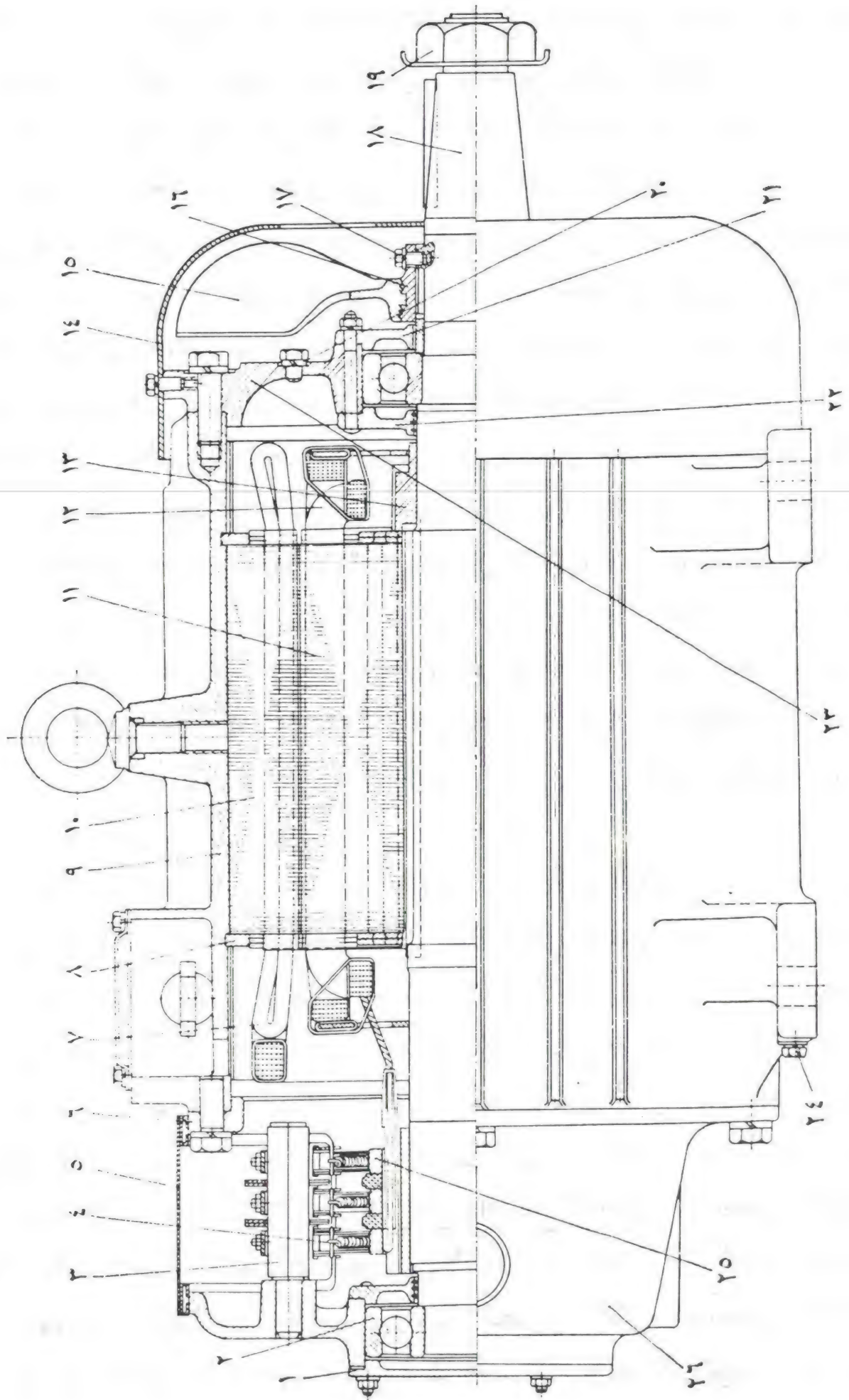
نوعى أقل وبنفاذية مغناطيسية اعلى ، والى استخدام مواد جديدة متينة وصامدة ضد الحرارة لغزل الملفات ، وكذلك بسبب تحسين منظومة التهوية . وان المحركات الكهربائية من النمط 4A تضاهى أفضل النماذج الاجنبية من حيث المواصفات الفنية والاقتصادية ، ومن حيث ضمانيتها فى الاستثمار . وتضم هذه الدفعة محركات تتراوح قدرتها من ٠,١٢ حتى ٤٠٠ كيلوواط ، وتشمل كل ما يحتاجه الاقتصاد الوطنى من انواع اساسية وخاصة من حيث التصميم وظروف الوسط المحيط وطريقة التركيب وغير ذلك .

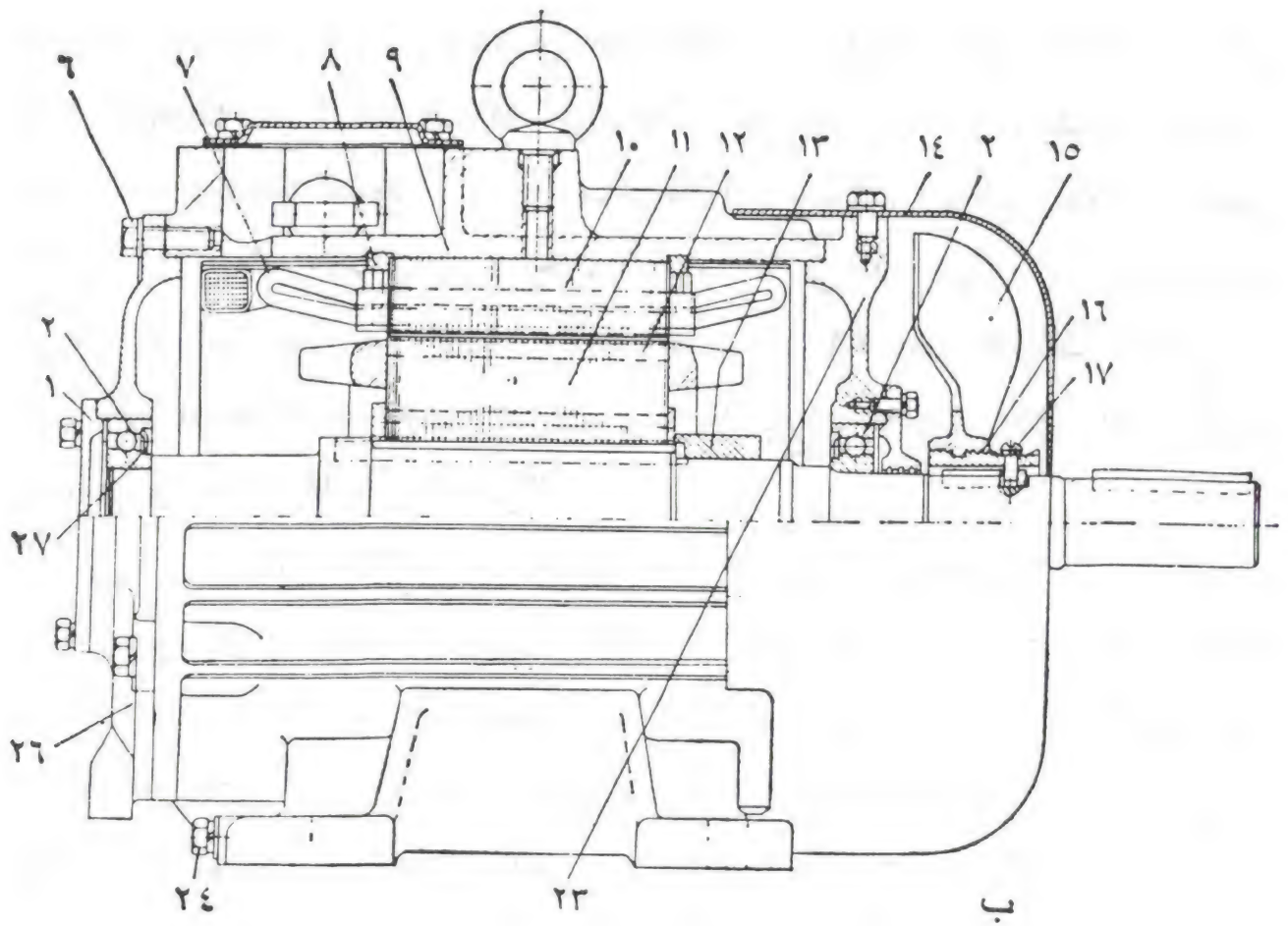
وتتدرج قدرات المحركات من الدفعة 4A فى النطاق من ٠,٥٥ . حتى ١١٠ كيلوواط كما يلى : ٠,٥٥ - ٠,٧٥ - ١,١ - ١,٥ - ٢,٢ - ٤ - ٥,٥ - ٧,٥ - ١١ - ١٥ - ١٨,٥ - ٢٢ - ٣٠ - ٣٧ - ٤٥ - ٥٥ - ٧٥ - ٩٠ - ١١٠ كيلوواط . وفى هذا النطاق المذكور للقدرات يكون ارتفاع محاور الدوران كما يلى : ٦٣ ، ٧١ ، ٨٠ ، ٩٠ ، ١١٠ ، ١١٢ ، ١٣٢ ، ١٦٠ ، ١٨٠ ، ٢٠٠ ، ٢٢٥ مم .

وقد تغيرت بشكل اساسى طريقة الرمز لطراز المحركات من الدفعة الجديدة . فالرمز 4A يدل على انتماء المحرك لهذه الدفعة (تصميم مغلق ويبرد بالنفخ) ، او 4AH (تصميم محمى من الشظايا) ، اذا كان هذا الرمز فى البداية . واذا وضع حرف آخر A بعد ذلك ، فان هذا يدل على ان هيكل المحرك واغطية المدارج مصنوعة من سبائك الالومنيوم ، اما اذا وضع الحرف X ، فان هيكل المحرك يكون من الالومنيوم اما اغطية المدارج فمن حديد الزهر (عدم وجود حرف اضافى A او X يدل على ان الهيكل واغطية المدارج مصنوعة من حديد الزهر) . ومن ثم يلى ذلك حرف يدل على النوع الكهربائى ، مثلا الحرف C يدل على ان المحرك ذو ترحلق عال . وبعد ذلك يوضع رقم يدل على ارتفاع محور الدوران للمحرك بالمليمترات . وتدل الاحرف اللاحقة على مراتب طول هيكل العضو الساكن (L - طول ، M - متوسط الطول ، S - قصير) وطول القلب الحديدى (A - قصير ، B - طويل) . ومن ثم يذكر عدد الاقطاب ، بحيث انه اذا كان المحرك متعدد السرعات ، تعطى جميع القيم الموافقة لعدد الاقطاب ، مع الفصل بينها بخطوط

مائلة . وتدل الاحرف الاضافية اللاحقة على التصميم الخاص (H-قليل الضجيج ، BM - صامد ضد الرطوبة والصقيع وغير ذلك) .
فمثلا ، يعود الرمز 4A71A4 الى المحرك اللامتزامن من الدفعة الجديدة طراز 4A ، الحاوى على عضو دوار على هيئة قفص السنجاب ، وله تصميم مغلق ويبرد بالنفخ ، وصنع هيكله واغطية مدارجه من حديد الزهر ، ويرتفع محور دورانه عن القاعدة ٧١ مم ، وطول قلبه الحديدى قصير ، وللمحرك اربعة اقطاب ، وتصميمه اساسى (اى ليس خاصا) . اما الرمز 4AX71B4 فيدل على ان هذا المحرك ، خلافا لسابقه ، يتمتع بهيكل مصنوع من سبيكة الالومنيوم ، وقلب موصله المغناطيسى طويل . ويدل الرمز 4AXC90L4 على ان هذا المحرك من التصميم المغلق الذى يبرد بالنفخ ، وعضوه الدوار على هيئة قفص السنجاب وقد صنع هيكله من الالومنيوم ، اما اغطية مدارجه فمن حديد الزهر ، ويمتاز بتزحلق مرتفع ، ويبلغ ارتفاع محور دورانه ٩٠ مم ، وهيكل عضوه الساكن طويل ، وعدد اقطابه ٤ ، وتصميمه اساسى . اما المحرك من الطراز 4AX90L4/2 ، فهو ينتمى الى انواع المحركات المتعددة السرعة ، اى انه يحتوى على ملف العضو الساكن ، الذى يمكن تحويله من اربعة اقطاب الى قطبين .

ان المحركات الكهربائية من الطراز MT (ذى العضو الدوار الطورى) والطراز MTK (ذى العضو الدوار على هيئة قفص السنجاب) ، المخصصة لتحريك آليات الرفع وغيرها ، حيث يحتاج الامر الى نظام عمل قصير ومتكرر ، مع التكرار الشديد لبدء التشغيل والفرملة ومع فرط التحميل ، يجب أن لا تمتاز فقط بمتانة ميكانيكية عالية جدا فحسب ، بل وان تحتوى على عوازل عالية الصمود للحرارة (من الصنف B) ، خاصة اذا أخذنا بعين الاعتبار ان هذه المحركات تستثمر فى الانتاج التعدينى ، حيث تتعرض لتأثير الحرارة العالية للوسط المحيط . وبالإضافة الى ذلك ، فان العمل المقبول فى الظروف المذكورة اعلاه ، يتطلب القصور الذاتى المنخفض للاجزاء الدوارة ، والقدرة العالية على تحمل فرط الحمولة . ويمكن التوصل الى ذلك اذا كان المحرك يتمتع بشكل أطول .





الشكل ٢٩ - المحركات الكهربائية الامتزازية من اجل الروافع :

أ - طراز MT-41 ذات القلب الدوار الطوري ، ب - طراز MTK-11 ذات القلب الدوار المقصر ؛ ١ ، ٢١ ، ٢٢ - أغشية حجرات المدارج ، ٢ - مدرجة كروية ، ٣ - زناد حوامل الفراشي ، ٤ - حامل الفرشاة ، ٥ - غطاء النافذة الموجودة في غطاء المدرجة ، ٦ - لولب تثبيت غطاء المدرجة ، ٧ - ملف ثنائي الطبقة للعضو الساكن ، ٨ - حلقة الاغلاق للقلب الفولاذي ، ٩ - جسم العضو الساكن ، ١٠ - القلب الفولاذي للعضو الساكن ، ١١ - قلب العضو الدوار ، ١٢ - ملف العضو الدوار ، ١٣ - جلبة على العمود لتثبيت قلب العضو الدوار ، ١٤ - غلاف المروحة ، ١٥ - مروحة مصنوعة من الالومنيوم بالسكب ، ١٦ - جلبة فولاذية مسكوبة داخل المروحة ، ١٧ - لولب تثبيت المروحة ، ١٨ - الطرف المخروطي العامل للعمود ، وهو مزود بخابور ، ١٩ - صامولة شد ، ٢٠ - لولب لاغلاق الثقب الكائن في غطاء المدرجة ، والمخصص لقياس مقدار الخلوص الهوائي الموجود بين العضو الساكن والعضو الدوار ، ٢٣ و ٢٦ - أغشية المدارج ، ٢٤ - لولب لوصل سلك التأسيس ، ٢٥ - حلقات التماس ، ٢٧ - فلكة واقية للمدارج

ويبين الشكل ٢٩ ، أخصائص تركيب هذه المكونات ، فالمحرك طويل ، مغلق ويبرد بالنفخ . فالمروحة ١٥ تقع من جهة الطرف العامل للعمود الدوران . ويكون الجزء البارز للعمود ١٨ مخروطي الشكل ، مزود بخابور وعلى نهايته

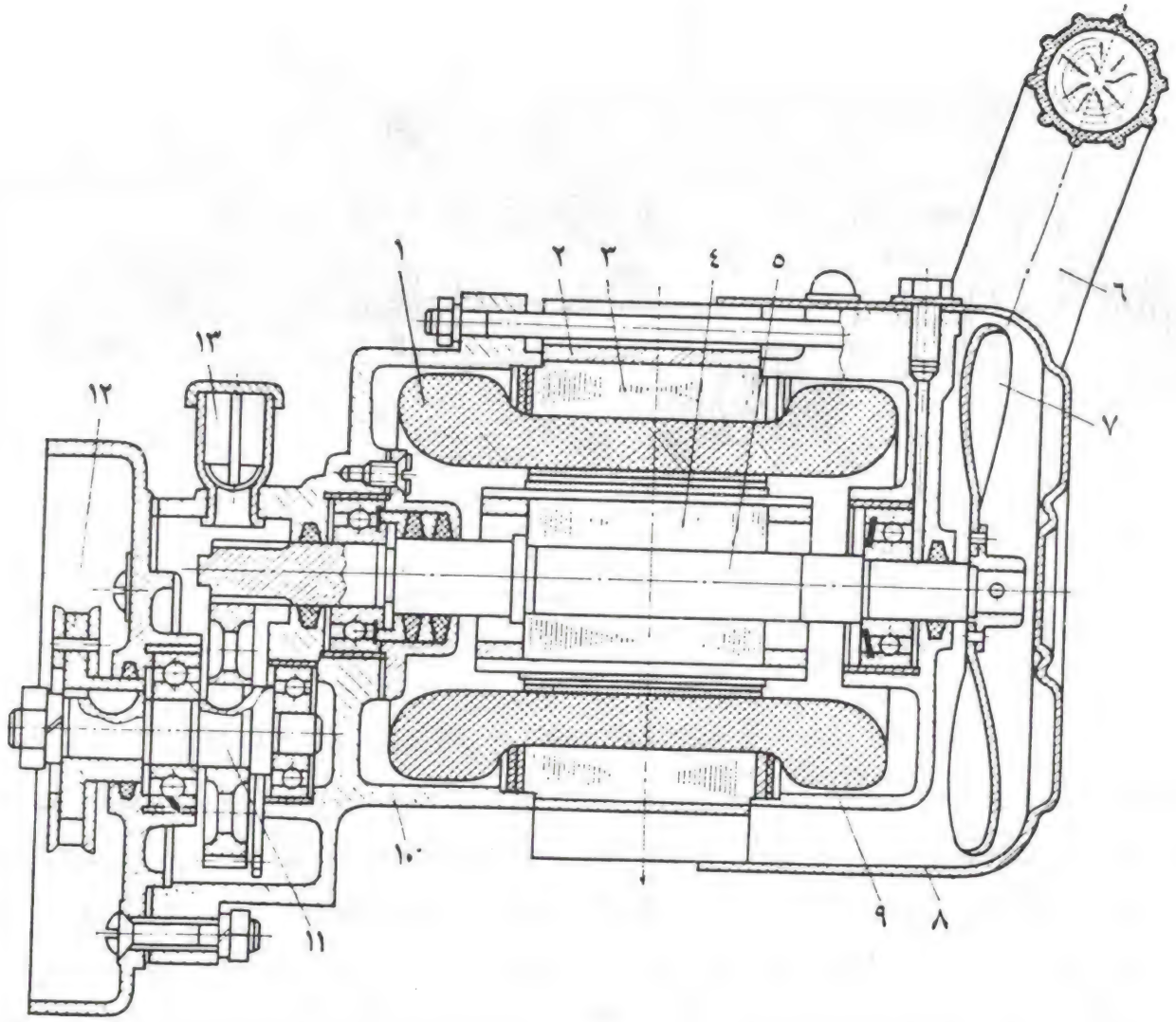
قلاووظ وصامولة ١٩ . ويسمح هذا التصميم بتثبيت قارئة الوصل ، التي تصل المحرك مع الآلية المراد تحريكها ، على عمود الدوران بشكل مضمون ومحكم . ويتمتع عمود المحرك بمتانة فائقة . ويكون الملف الطورى للعضو الدوار ١٢ مثبتا باحكام فى المجارى ، اما الاجزاء الجبهية من الملف فتشد بأربطة مقواة . ولا يقع الغطاء الخلفى للمدرجة ٢٦ أمام حلقات التماس ، كما فى المحركات AK و AK2 ، وانما يقع خلفها ، اى أن حلقات التماس وضعت داخل المحرك .

ويبين الشكل ٢٩ ، ب منظرا عاما لمحرك الروافع MTK ، الحاوى على عضو دوار بهيئة قفص السنجاب . وهو من حيث التركيب مشابه للمحرك MT ، الا انه لا يحتوى على حلقات تماس . والمحرك المبين على الشكل هو من القياس الاول ، وهو لا يحتوى على اغطية داخلية للمدارج ، وذلك لانه تم هنا استخدام مدارج ، ذات فلكة حماية ٢٧ .

وقد حظيت المحركات الكهربائية اللامتزامنة والفائقة التردد (غالبا ٢٠٠ و ٤٠٠ هرتز) باستخدام واسع لتحريك العدد الكهربائية (المثاقب والمناشير الكهربائية وغيرها) المستخدمة فى العديد من فروع الاقتصاد الوطنى : فى البناء وتحضير الاخشاب والزراعة وغيرها . وهذه المحركات ذات قدرة صغيرة (أقل من ٣ كيلوواط) وابعادها صغيرة وكتلتها لا تزيد عن ٧ كغ ، الا انها سريعة الدوران (٦٠٠٠ ، ١٢٠٠٠ ، وحتى ٢٤٠٠٠ دورة/دقيقة) ، وعضوها الدوار على هيئة قفص السنجاب ، وهى تدخل عادة ضمن تركيب العدد الكهربائية ولها تصميم مغلق ومبرد بالنفخ .

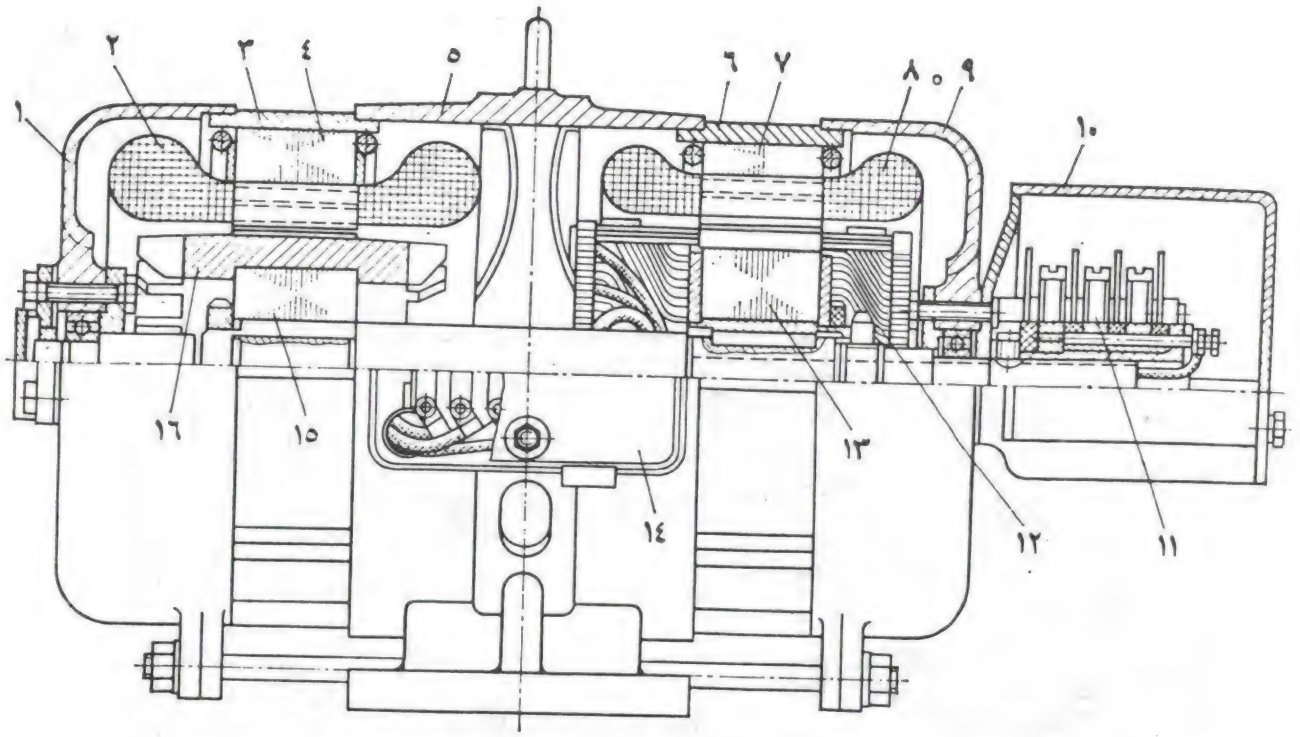
تنتج الصناعة محركات كهربائية فائقة التردد من أجل العدد الكهربائية ، بحيث تعمل بالفلطيات التالية : ٣٦ ، ٤٢ ، ١٢٧ ، ٢٠٠ فولط . ويبين الشكل ٣٠ مقطعا لمحرك كهربائى فائق التردد (٢٠٠ هرتز) من اجل المنشار الكهربائى السلسلى النقال . واستطاعته المقدرة ١,٧ كيلوواط وعدد دوراته ١٢٠٠٠ دورة/دقيقة ، وكتلته ٥,٥ كغ .

وهذه المحركات تتمتع بالخصائص البنيوية التالية : استخدام صفائح أرق من الفولاذ الكهربائى العالى الجودة (بسمكة ٠,٣٥ و ٠,٢٥ مم) من



الشكل ٣٠ - محرك كهربائي لامتزامن عالي التردد (٢٠٠ هرتز) لتحريك المنشار الكهربائي :
 ١ - ملف العضو الساكن ، ٢ - هيكل العضو الساكن ، ٣ - قلب العضو الساكن ، ٤ - قلب
 العضو الدوار المزود بملف مقصر الدائرة (قفص السنجاب) ، ٥ - عمود الدوران ، ٦ - قبضة
 المنشار الكهربائي المثبتة على غطاء المروحة ، ٧ - مروحة من النمط الرواشي ، ٨ - غطاء
 المحول ، ٩ - غطاء المدرجة الخلفية ، ١٠ - غطاء المدرجة الامامية المنطبق على جسم المخفض ،
 ١١ - الترس المقاد في المخفض (طرف عمود الدورات ٥ عبارة عن الترس القائد ، حيث تم
 فرز الاسنان عليه) ، ١٢ - النجمة القائدة لجنزير المنشار ، ١٣ - مزبقة المخفض

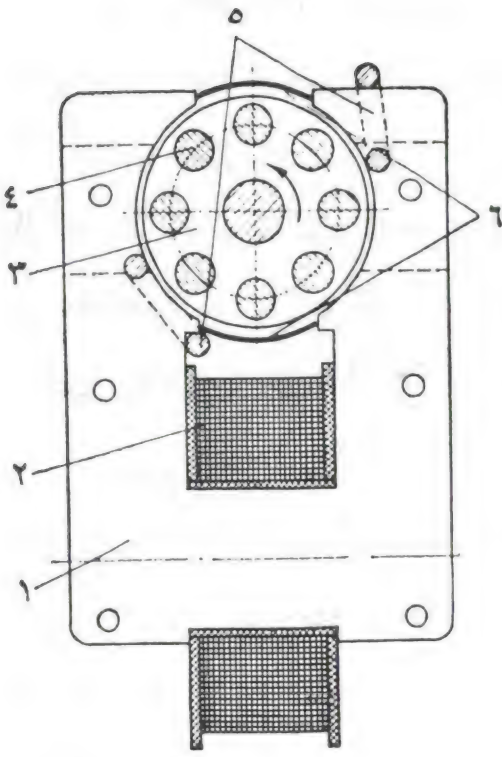
اجل الموصلات المغناطيسية ، وذلك بهدف انقاص فقدان الطاقة في
 الموصل المغناطيسي عند التردد العالي ؛ واستخدام عوازل متينة وصامدة
 ضد الرطوبة والاحماء (من الصنف E و B) لعزل ملف العضو الساكن
 ١ ، لأن أمن العامل يتعلق بجودة العازل ؛ واستخدام سبائك المغنيزيوم
 والالومنيوم الخفيفة من اجل الهياكل ٢ واغطية المدارج ٩ و ١٠ ، وكذلك
 من اجل الاجزاء البنيوية الأخرى ؛ تطابق الوظائف للعديد من الوحدات



الشكل ٣١ - مجموعة تحويل التردد اللامتزامنة من الطراز H-75 :

١ - غطاء المدرجة من جهة المحرك ، ٢ - ملف العضو الساكن لمحرك التدوير ، ٣ - هيكل العضو الساكن في المحرك ، ٤ - قلب العضو الساكن في المحرك ، ٥ - الهيكل الذي يربط المحرك مع المولد ، ٦ - هيكل العضو الساكن للمولد ، ٧ - قلب العضو الساكن للمولد ، ٨ - ملف العضو الساكن للمولد ، ٩ - غطاء المدرجة من جهة المولد ، ١٠ - غطاء حلقات التماس للمولد ، ١١ - حلقة التماس للمولد ، ١٢ - ملف (طورى) للعضو الدوار للمولد ، ١٣ - قلب العضو الدوار للمولد ، ١٤ - علبة المآخذ ، ١٥ - قلب العضو الدوار للمحرك ، ١٦ - ملف (مقصر الدائرة) للعضو الدوار للمحرك

والاجزاء في المحرك (مثلا ، غطاء المدرجة الامامية ١٠ يكون في نفس الوقت هيكلًا للمخفض ، والطرف العامل للعمود ٥ يستخدم بمثابة المسنن القائد ، والغطاء ٨ للمروحة ٧ يستخدم لتركيب المقبض ٦ ، وغير ذلك) . غالبًا ما تستخدم محولات التردد اللامتزامنة (الشكل ٣١) لتغذية المعدات الكهربائية الحاوية على محركات فائقة التردد . ويتألف محول تردد التيار من ٥٠ الى ٢٠٠ هرتز مثلاً من محرك كهربائى لامتزامن بقطبين وعضو دوار على هيئة قفص السنجاب ، ومن مولد هو عبارة عن مكنة كهربائية لامتزامنة بستة أقطاب ذات عضو دوار طورى . ويوجد المحرك والمولد في هيكل مشترك ، والعضوان الدواران في المكنتين يركبان على عمود واحد . وتوصل ملفات العضوين الساكنين في المحرك والمولد مع شبكة ثلاثية الاطوار



الشكل ٣٢ - محرك لامتزامن احادى
الطور مزود بلفة مقصرة على القطب

ترددتها ٥٠ هرتز بحيث ان المجالين
المغناطيسيين المتولدين يدوران باتجاهين
مختلفين . فيدور العضو الدوار للمولد ،
الذى يتحرك بواسطة المحرك الكهربائى
الثنائى الاقطاب ، بسرعة حوالى ٣٠٠٠
دورة / دقيقة ، ويدور المجال
المغناطيسى المتولد فى العضو الساكن
للمولد فى اتجاه معاكس وبسرعة
١٠٠٠ دورة / دقيقة . وعندئذ ، يتولد فى
الملف الثلاثى الاطوار وذى الاقطاب
الستة ، للعضو الدوار الطورى فى المولد ،
تيار ثلاثى الاطوار تردده حوالى ٢٠٠
هرتز ، يمر عبر حلقات التماس والفراشى

المطبقة عليها ، ليذهب الى الحمولة . ويأتى قسم من الطاقة التى يحولها
المولد الكائن فى محول التردد على شكل طاقة ميكانيكية (حوالى ٤/٣) ،
اما القسم الباقى فيأتى مباشرة من الشبكة التى يعادل ترددها ٥٠ هرتز ،
عبر ملف العضو الساكن .

ومن الجدير بالذكر انه فى بعض محولات التردد اللامتزامنة يكون المولد
ذا تصميم «معكوس» ، أى ان التيار الذى يعادل تردده ٥٠ هرتز يوصل مع
ملف العضو الدوار (عبر الفراشى وحلقات التماس) ، ويؤخذ من ملف العضو
الساكن تيار تردده ٢٠٠ هرتز . وفى مثل هذا التصميم للمحول ، يتم وصل
الملفات الثلاثية الاطوار للعضو الساكن فى المحرك وللعضو الدوار فى المولد ،
مع الشبكة التى يعادل ترددها ٥٠ هرتز ، بحيث ينطبق اتجاه دوران المجالين
المغناطيسيين المتولدين عنهما . ويستخدم التصميم المعكوس عادة فى
المحولات التى تغذى الشبكة الفائقة التردد (٢٠٠ هرتز) ، والتى تعادل فلطيتها
٣٦ و ٤٢ فولط ، وذلك لأن مثل هذا التصميم يسمح بانقاص التيار المار
عبر الفراشى وحلقات التماس .

ان المحركات الكهربائية اللامتزامنة أحادية الطور ، وبقدرة تتراوح من عشرات الواطات حتى عدة كيلواطات ، حظيت باستخدام واسع في مختلف الادوات المنزلية ، وفي اجهزة تحريك المراوح ذات الاهداف المنزلية والانتاجية ، وكذلك لتحريك مكثات التشغيل الصغيرة . وميزتها هي امكانية استخدامها في الاماكن والمباني التي لا تتوفر فيها شبكة ثلاثية الاطوار ، ولكنها تحتوى على شبكة احادية الطور بسلكين .

ويبين الشكل ٣٢ احد انواع المحركات الكهربائية اللامتزامنة والاحادية الطور ، الحاوية على لفة مقصرة على القطب ، وهو يستخدم في الأجهزة التي تحتاج الى قدرة ضئيلة نسبيا (عشرات الواطات) ، ولا تحتاج الى عزوم تدوير كبيرة عند الاقلاع ، مثلا في اجهزة تحريك المراوح الصغيرة واجهزة التسجيل والحاكي ، وما شابه ذلك .

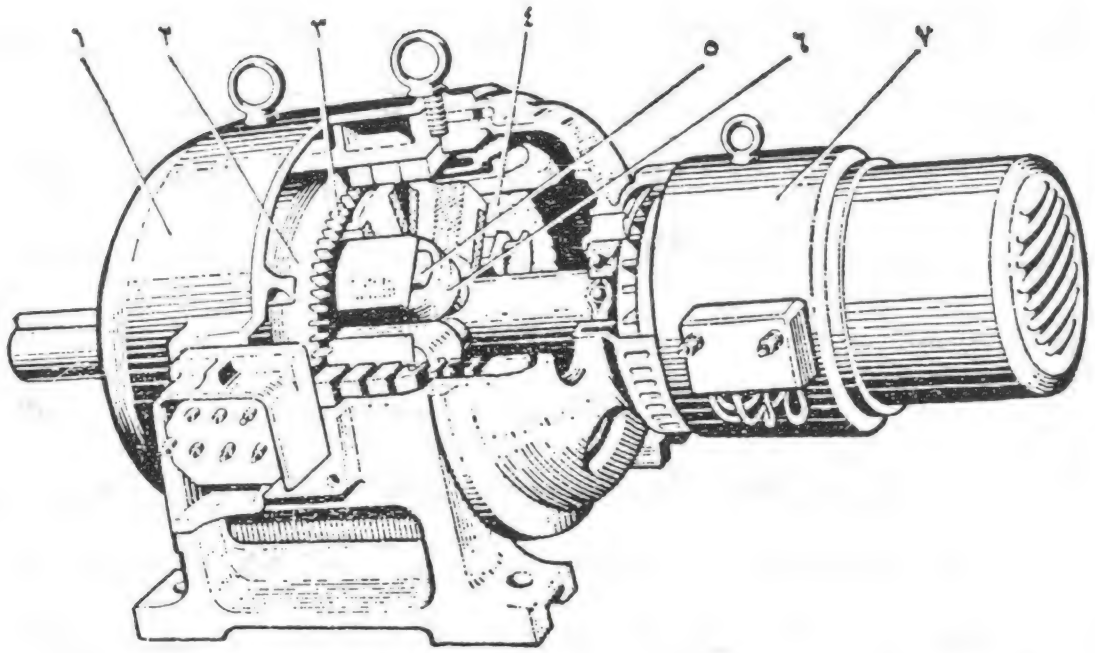
ويكون العضو الساكن للمحرك عبارة عن مغناطيس كهربائي على هيئة نعل الفرس ، قلبه الحديدي ١ مصفوف من صفائح من الفولاذ الكهربائي ، ثم قصها بالمكبس ، اما الملف ٢ فهو مصنوع على شكل وشيعة من سلك معزول ، ويحتوى العضو الدوار المقصر ٣ على مجار توضع فيها قضبان ٤ نحاسية غير معزولة ، تلحم من الاطراف مع حلقات التقصير النحاسية . وقد تم تخريم ثقب في النهايات القطبية ، تدخل فيها اللفات المقصرة ٥ ، المصنوعة من السلك النحاسي ، والتي تحيط بثلاث القوس القطبي تقريبا . عند تشغيل المحرك يعمل جزء من التدفق المغناطيسي في القطب ، ذلك الجزء المحاط باللفة المقصرة ، على تحريض التيار الكهربائي في اللفة . ونتيجة لذلك يحصل انحراف في الطور (فرق الصفحة) بزاوية ما بين ذلك الجزء من التدفق المغناطيسي الذي يمر باللفة المقصرة وبين الجزء الباقي للتدفق المغناطيسي للطرف القطبي . وهذا يكفي لكي يبدأ العضو الدوار بالدوران . وتوضع صفائح ٦ فولاذية رقيقة بين اطراف الاقطاب وذلك بهدف زيادة عزم التدوير . اما الملف الاحادي الطور في العضو الساكن للمحرك قيد البحث ، فعبارة عن وشيعة ملفوفة على اسطوانة عازلة ، وتركيب مثل هذا الملف بسيط للغاية ، ولا يحتاج الى شروح خاصة .

يصنع القسم الاكبر من المحركات الكهربائية اللامتزامنة والاحادية الطور ، على اساس المحركات القياسية الثلاثية الاطوار . فمثلا ، تصنع المحركات الاحادية الطور من الطراز ABE ، على اساس المحركات الثلاثية الاطوار AB التي تتركب فى داخل الأجهزة ، وغيرها . وليس هناك خلاف فى تصميم القسم الميكانيكى والموصلات المغناطيسية لمثل هذه المحركات ، بالمقارنة مع المحركات اللامتزامنة الثلاثية الاطوار . والخلاف الرئيسى ينحصر فى تركيب ملف العضو الساكن وتنفيذه ووصله مع الشبكة . وغالبا ما يستخدم لاقلاع المحركات اللامتزامنة الاحادية الطور ، ملف اقلاع خاص يقع فى العضو الساكن مع الملف الاساسى العامل ، ولكنه ينحرف بزاوية ما بالنسبة له . وفى معظم الحالات يوصل ملف الاقلاع مع الشبكة عبر مكثف ، وينفصل بعد الاقلاع وتعجيل المحرك . وفى العديد من المحركات يكون كلا الملفان عاملين ، يبقيان موصولين خلال كل فترة العمل للمحرك : يوصل احد الملفين مباشرة مع الشبكة ، بينما يوصل الثانى بواسطة المكثف . وفى العديد من المحركات اللامتزامنة والاحادية الطور ، يوصل مكثف (للاقلاع) اضافى ، خلال فترة الاقلاع ، فى دائرة الملف الموصول مع الشبكة عبر المكثف .

البند ٩ - الممكنات المتزامنة

تستخدم الممكنات المتزامنة فى الوقت الحاضر كمولدات للتيار الثلاثى الاطوار اكثر من غيرها . والمولدات المتزامنة تصنع بقدرة تتراوح بين مئات الآلاف وحتى المليون من الكيلوواطات للعمل فى المحطات التوربينية البخارية والكهرمائية وبين عدة كيلوواطات فى الاجهزة النقالة التى تعمل بمحركات الاحتراق الداخلى .

وقد حظيت كذلك المحركات الكهربائية المتزامنة باستخدام واسع ، بالرغم من أنها تكون عادة فى القدرات التى تصل حتى عدة مئات كيلوواط ، اعقد واثقل واغلى ثمنا من المحركات اللامتزامنة . ويعود السبب الرئيسى للاستخدام الواسع للمحركات المتزامنة ، لكونها قادرة على اعطاء الشبكة



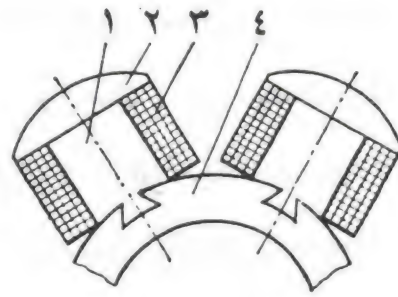
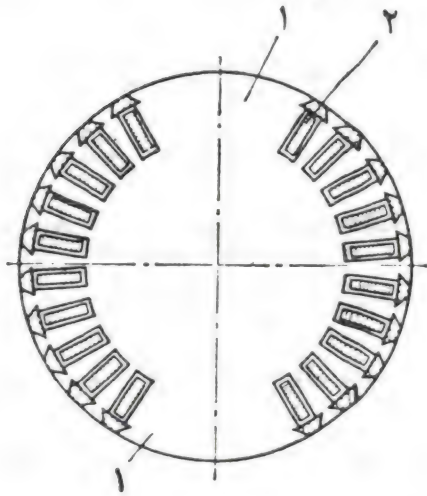
الشكل ٣٣ - مولد متزامن ثلاثى الاطوار (مولد ديزلى) :

- ١ - هيكل العضو الساكن ، ٢ - قلب العضو الساكن ، ٣ - مجارى قلب العضو الساكن ،
 ٤ - ملف ثلاثى الاطوار للعضو الساكن ، ٥ - قطب العضو الدوار ، ٦ - وشيعة ملف التحريض ،
 ٧ - المحرض

قدرة مفاعلة . وتستخدم المحركات الكهربائية المتزامنة فى أجهزة التحريك التى لا تحتاج الى ضبط سرعة الدوران ، ولا تحتاج الى الاقلاع المتكرر والدوران العكسى ، مثل أجهزة تحريك المضخات والضواغط وما شابه ذلك .

يعتمد تركيب المكنة المتزامنة بشكل رئيسى على الغاية منها وعلى طريقة التحريض (الحث) . ويبين الشكل ٣٣ مثالا على تركيب وحدة توليد الكهرباء ، وهو يتألف من القسمين الاساسيين : العضو الساكن والعضو الدوار . والعضو الساكن مشابه جدا من حيث تصميمه للعضو الساكن فى المكنة اللامتزامنة الثلاثية الاطوار ، اى انه يتألف من هيكل ١ مسكوب او ملحوم ، يوضع داخله القلب الحديدى ٢ المجمع من صفائح الفولاذ الكهربائى المصنوعة بالكبس ، ويحتوى هذا القلب على مجارى ٣ طولية على السطح الداخلى ، يوضع فيها الملف ٤ الثلاثى الاطوار ، المصنوع من السلك النحاسى المعزول . ويعتبر العضو الساكن عضوا للانتاج (متحرضا) فى المكنة ، أى ذلك الجزء الذى تتعرض فيه القوة الدافعة الكهربائية الاساسية ، والذى يمر فيه التيار الاساسى للمكنة (تيار التحميل) .

ويعتبر العضو الدوار للمكنة المتزامنة محثا ، اى ذلك الجزء الذى يولد (يحرّض) مجالا مغناطيسيا اساسيا . ولهذا الغرض يستخدم المغناطيس الدائم فى بعض المكنات الصغيرة والمخصصة لغايات معينة . الا أن مثل هذه الطريقة للتحريرّض تستخدم بشكل محدود ، لأنها تصعب عملية ضبط فلطية المكنة اثناء عملها . وتعتبر طريقة التحريض بالمغناطيس الكهربائى اوسع انتشارا . وعندئذ يكون العضو الدوار للمكنة المتزامنة عبارة عن مغناطيس كهربائى مزود بقلب فولاذى له بروزات ٥ (أقطاب) تركيب عليها وشائع ملف التحريض ، التى تتغذى بتيار مستمر من مكنة خاصة هى المحث ٧ وتكون الاعضاء الدوارة للمكنات المتزامنة ذات اقطاب ظاهرة (شكل ٣٤) ، حيث يكون كل قطب على هيئة وحدة تصميمية مستقلة لها قلبها الفولاذى ونهايتها القطبية ووشيعتها ، أو تكون الاعضاء الدوارة ذات أقطاب غير



الشكل ٣٥ - عضو دوار غير واضح الاقطاب فى مكنة متزامنة :

١ - سن (قطب) ، ٢ - مجار

الشكل ٣٤ - عضو دوار واضح الاقطاب فى مكنة متزامنة :

١ - القلب ، ٢ - طرف قطبى ، ٣ - وشيعة قطبية ، ٤ - نير (طوق)

ظاهرة (الشكل ٣٥) ، ولها شكل اسطوانى ومجار طولية على السطح الخارجى ، يوضع فيها ملف التحريض .

تستخدم عادة الاعضاء الدوارة ذات الاقطاب البارزة (الشكل ٣٤) فى المكنات المتزامنة الحاوية على اربعة اقطاب أو أكثر . ويتم تجميع القلب

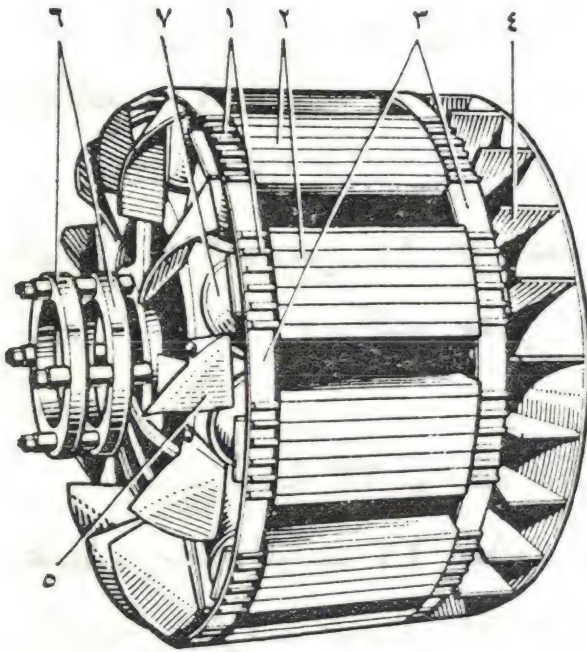
الفولاذى ١ على شكل رزمة ، من صفائح منفصلة فولاذية سماكتها ١ - ١,٥ مم ، تضغط من الجانبين بصفائح ضاغطة سماكتها أكبر ، تمنع انفلات الرزمة . وتستخدم أحيانا قلوب فولاذية مصنوعة بالسكب ، اما المقرن ٤ فى العضو الدوار ذى الاقطاب الظاهرة (البارزة) ، اى ذلك الجزء من الموصل المغناطيسى ، الذى يمر عبره الدفق المغناطيسى من قطب الى آخر ، فيمكن ان يصنع هذا المقرن بالسكب او اللحام أو ان يجمع من صفائح فولاذية سماكتها ١ - ٦ مم ، مشدودة بصبالم . وتثبت الاقطاب على المقرن اما بلوالب تمر عبر جسم القلب فى القطب ، او تكون مصممة بحيث يكون فيها تثبيت خاص ، كما هو مبين على الشكل . وتعتبر الوشيعه التى تتركب على كل قطب جزءا من ملف التحريض . وتوصل وشائع الاقطاب مع بعضها ، بحيث تتناوب القطبية فى أقطاب العضو الدوار عند مرور التيار المستمر فى ملف التحريض .

أما الأعضاء الدوارة الحاوية على اقطاب غير ظاهرة (الشكل ٣٥) ، التى تتمتع بمتانة ميكانيكية عالية للقلب ، وبمتانة عالية لتثبيت ملف التحريض ، فهى تستخدم فى الممكنات المتزامنة الثنائية الاقطاب والسريعة الحركة ، مثلا فى المولدات التوربينية . ويمكن ان يصنع قلب العضو الدوار ذو الاقطاب المخفية ، على هيئة مطروقة فولاذية مصممة (مع نهايتى عمود الدوران) ، او ان ينفذ بالتجميع . وللقلب شكل اسطوانة طويلة تم تفريز مجار طولية ٢ على ثلثى سطحها . اما القسم الباقي بدون مجار من القلب الاسطوانى ، فهو يشكل إسفينين كبيرين ١ (قطبين) . ويوضع فى مجارى القلب ملف التحريض ويثبت بأسافين . وتثبت الاجزاء الجبهية من طرفى الملف بواسطة حلقات ربط تصنع عادة من فولاذ غير مغناطيسى . يوصل طرفا ملف التحريض فى الممكنة المتزامنة مع حلقتى التماس ، اللتان تدوران مع العضو الدوار ، وهما معزولتان كهربائيا عن العمود وفيما بينهما . ويصل التيار المستمر الى ملف التحريض عبر التماس المترلق بين الفراشى الثابتة وحلقات التماس الدوارة .

ان منبع التغذية لملف التحريض فى الممكنة المتزامنة غالبا ما يكون المنبع

الخاص للتيار المستمر الذى يسمى بالمحرض ، والذى يدار بواسطة العمود الاساسى للمكنة المتزامنة . وفى السنوات الاخيرة حظيت المكنات المتزامنة ذات التحريض الذاتى بالاستخدام الواسع ، التى تتم فيها تغذية ملف التحريض من قبل ملف عضو الانتاج (العضو الساكن) للمولد ، ولكن تستخدم المقومات الميكانيكية والابونية والنصف ناقلة لتحويل التيار المتناوب الى تيار مستمر .

لدى معظم المحركات الكهربائية المتزامنة المحسوبة على الاقلاع اللامترامن ، تحتوى الاعضاء الدوارة ذات الاقطاب الظاهرة على ملف اضافى مقصر ، وضعت قلوبه فى مجارى الاطراف القطبية ، وتوصل اطراف القلوب من الجانبين بحلقات التقصير (الشكل ٣٦) .



الشكل ٣٦ - عضو دوار (بدون عمود) لمحرك متزامن ثلاثى الاطوار مزود بملف اقلاع من اجل الاقلاع اللاتزامنى :
 ١ - قلوب ملف الاقلاع ، ٢ - مجار فى الاطراف القطبية توضع فيها قلوب ملف الاقلاع ، ٣ - حلقات تقصير الدائرة لملف الاقلاع ، ٤ و ٥ - ريش المروحة ، ٦ - حلقات التماس ، ٧ - وشيعة قطبية فى ملف التحريض

فى المكنات المتزامنة ، ذات المحاور الطويلة ، يقسم قلب العضو الساكن الى عدة رزم تترك بينها أقنية التهوية ، التى تساهم فى زيادة التبريد . تستخدم احيانا المكنات المتزامنة ذات التصميم المعكوس ، التى يكون المحرض فيها هو العضو الساكن ، حيث تتواجد اقطاب وملف التحريض ، اما عضو الانتاج فيها فهو العضو الدوار الذى يتواجد فى مجاريه ملف ثلاثى الاطوار الموصول مع الشبكة عبر الفراشى وحلقات التماس الثلاث . وتستخدم

أيضا بعض التصاميم الخاصة الاخرى للمولدات والمحركات الكهربائية المتزامنة .

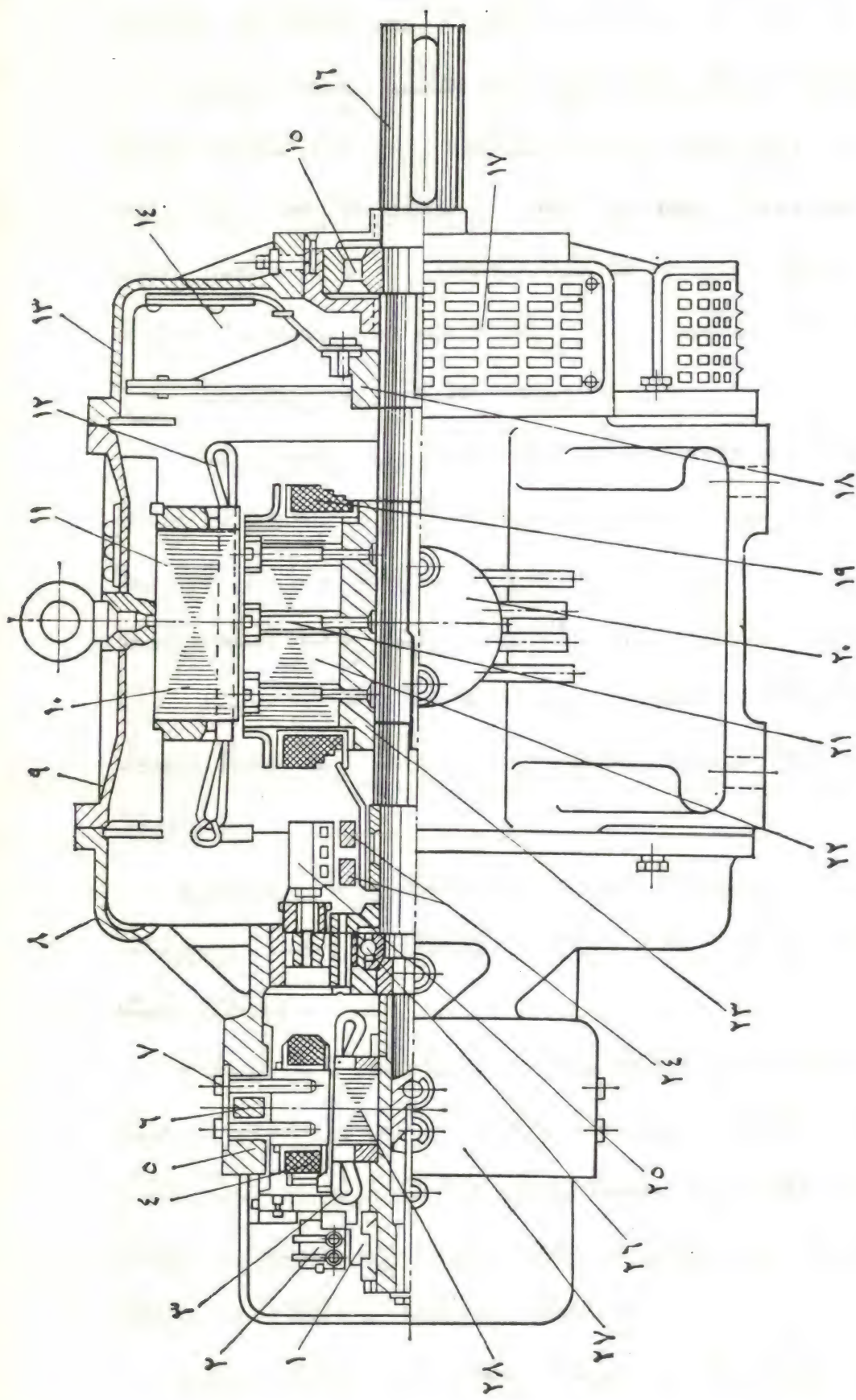
يحتاج اصلاح الملفات للمكنات المتزامنة الكبيرة الحجم ، الى معدات خاصة ، ونادرا ما تنفذ في الورشات الكهربائية العادية للمؤسسات الصناعية . وفي هذه الورشات تصلح عادة المكنات التي تتراوح قدرتها من ١ حتى ١٠٠ كيلوواط ، وفيما يلي سنبين بعض تصاميمها النموذجية .

تصنع المكنات المتزامنة من الدفعة CF (الشكل ٣٧) بقدرة تتراوح من ١٥ حتى ٦٠ كيلوواط ، وتستخدم كمولدات أو محركات كهربائية . ويصنع هيكل المكنة ٩ بطريقة السكب ، وهو يحتوى على الأضلاع ١١ ، التي يثبت بواسطتها قلب العضو الساكن ١٠ ، الذي يكون على شكل رزمة تم تجميعها من الواح مكبوسة . ويوضع في مجارى العضو الساكن ملف ١٢ ثلاثى الاطوار توصل اطرافه على لوحة المآخذ ، الموجودة فى علبة المآخذ ٢٠ المغلقة .

يثبت غطاء المدرجتين ٨ و ١٣ على الهيكل بواسطة اللوالب . ويثبت الهيكل ٥ للمحرض ٢٧ على غطاء المدرجة ٨ ، والمحرض عبارة عن مولد للتيار المستمر . ويركب عضو الانتاج للمحرض مباشرة على الطرف الكابولى للعمود .

تركب الجلبة ٢٣ بواسطة الكبس ، على العمود ١٦ للعضو الدوار ، وتثبت عليها بواسطة اللوالب ٢١ أقطاب تكون قلوبها ٢٢ مجمعة من صفائح فولاذية مكبوسة ، وتركب الوشائع ١٩ على هذه القلوب . ويدور العمود على المدرجتين ١٥ و ٢٦ ، حيث تقع المدرجة ٢٦ من جهة المحرض وتكون مدرجة كروية ، والمدرجة ١٥ تقع من جهة جهاز التحريك وتكون مدرجة بلحية . يتم سحب التيار المستمر من المجمع ١ للمحرض بواسطة الفراشى ٢ ، ويذهب بسلكين الى الفراشى ٢٥ لحلقات التماس ٢٤ ، ومنها الى ملف التحريض ١٩ ، الموجود على العضو الدوار للمكنة المتزامنة .

تتألف المروحة ١٤ من جزء مصنوع بالكبس ، على هيئة كأس ، وريشات مثبتة عليه . وتثبت المروحة بواسطة اللوالب على الجلبة ١٨ المركبة على



الشكل ٣٧ - مولد متزامن من طراز CF-60/6

- ١ - موحد ، ٢ - حوامل الفراشي وفراشي المحرض ، ٣ - ملف عضو الانتاج للمحرض ، ٤ - ملف تحريض المحرض ، ٥ - هيكل المحرض ،
- ٦ - قلب القطب للمحرض ، ٧ - لولب ، ٨ و ١٣ - اغطية المداير ، ٩ - هيكل العضو الساكن للمولد المتزامن ، ١٠ - قلب العضو الساكن للمولد المتزامن ، ١١ - ضلع هيكل العضو الساكن ، ١٢ - ملف ثلاثي الاطوار للعضو الساكن في المولد المتزامن ، ١٤ - مروحة ، ١٥ - مدرجة بلحية ،
- ١٦ - عمود ، ١٧ - شبكة واقية ، ١٨ - جلبة تثبيت المروحة ، ١٩ - وشيعة ملف التحريض في المولد المتزامن ، ٢٠ - علبة المآخذ ، ٢١ - برغي التثبيت لقطب العضو الدوار في المولد ، ٢٢ - قلب القطب في العضو الدوار للمولد ، ٢٣ - جلبة لتثبيت اقطاب العضو الدوار (طوق) ، ٢٤ - حلقات التماس ، ٢٥ - حوامل الفراشي وفراشي حلقات التماس ، ٢٦ - مدرجة كروية ، ٢٧ - المحرض ، ٢٨ - قلب عضو الانتاج للمحرض

العمود . ويتم مص هواء التبريد عبر النوافذ الموجودة في غطاء المدرجة ٨ ،
وعبر القسم الجانبي للمحرض ٢٧ ، ثم يطرد عبر نوافذ غطاء المدرجة ١٣ ،
المغطاة بشبكات حماية ١٧ .

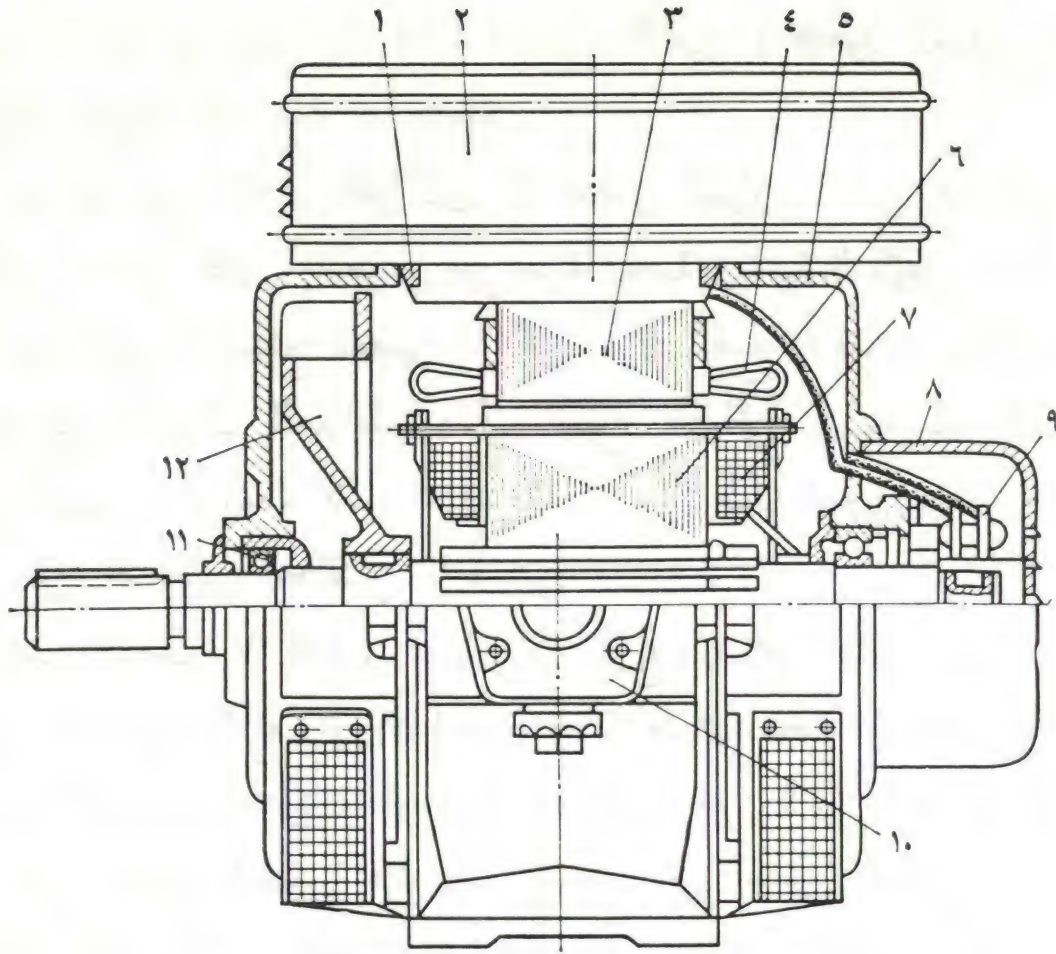
وبقصد جمع المكنة مع جهاز التحريك ، تركيب على الطرف البارز
لعمود المكنة ١٦ (من الجانب المقابل للمحرض) ، نصف قارنة او بكرة
جهاز نقل الحركة بالسيور . وقد تم حصر المدرجة الكروية ٢٦ المركبة
داخل الغطاء ٨ ، في محفظة قابلة للزرع يكون قطرها أكبر من قطر عضو
الانتاج للمحرض ، وذلك لكي تتأمن امكانية فك المكنة وتركيبها بدون
نزع المحرض من عمود عضو الانتاج .

كما ويمكن في المكنة المتزامنة استخدام مبدأ التحريض الذاتي ، مما
يسمح بالتخلص من المحرض ، وتصنع المولدات المتزامنة حسب الدفعة
الموحدة ECC ، بقدرات تتراوح من ٥ حتى ٧٥ كيلوواط ، وهي مخصصة
للعمل بصفة منابع التيار الكهربائي ثلاثي الاطوار بتردد ٥٠ هرتز في اجهزة
توليد التيار الثابتة والنقالة ، وفي المحطات الكهربائية . وتزود المولدات
بأجهزة التحريض الذاتي (عبر مقومات نصف ناقلة) وبأجهزة ضبط الفلطية
اوتوماتيكيا .

ويجرى انتاج المولدات حسب تصميمين : على ارجل وبغطاءين
متشابهين للمدارج (1M1) ، وعلى ارجل ولكن بغطاءين احدهما مزود
بشفة (1M2) .

ويضم رمز نمط المولد ، اسم الدفعة وابعاد قلب العضو الساكن ومرتبة
طوله ، وعدد الاقطاب وشكل التصميم . فمثلا ، الرمز ECC-82-4-1M1
(كان الرمز السابق M101) يطابق المولد من الدفعة الموحدة ذات التحريض
الذاتي ، وقياسه من المرتبة الثامنة ، وطوله من المرتبة الثانية ، وله اربعة
اقطاب ، وغطاءان متشابهان للمدارج .

ويبين الشكل ٣٨ مقطع المولد من المجموعة ECC والطرز 1M1 ،
حيث يكون الهيكل ١ الاسطوانى للعضو الساكن مصنوعا من حديد الزهر
بواسطة السكب . ويوجد في القسم العلوى للهيكل تجويف ، تركيب فوقه



الشكل ٣٨ - مولد متزامن من طراز ECC ومن التصميم 1M1 :

- ١ - هيكل العضو الساكن ، ٢ - علبة المقومات السيليكونية وأجهزة الضبط الاوتوماتي للفلطية ،
- ٣ - قلب العضو الساكن ، ٤ - ملف العضو الساكن ، ٥ - غطاء المدرجة ، ٦ -
- قلب العضو الدوار ، ٧ - ملف العضو الدوار ، ٨ - غطاء ، ٩ - وحدة حلقات التماس ،
- ١٠ - علبة المآخذ ، ١١ - مدرجة ، ١٢ - مروحة

علبة ٢ توضع في داخلها مقومات سيلينيومية ، وأجهزة الضبط الاوتوماتي للفلطية .

ان القلب الفولاذي ٣ للعضو الساكن ، المجمع من الصفائح ، والمركب بواسطة الضغط داخل الهيكل ١ ، يحتوى على مجار يوضع في داخلها ملف ثلاثي الاطوار ٤ ، يوصل بموجب مخطط «نجمة مع الخط الصفري» . وتزود اغطية المدارج ٥ ، المصنوعة من حديد الزهر بطريقة السكب ، بنوافذ في اقسامها السفلية لمرور الهواء تغطي بشبكات حماية ، مصنوعة بالتخريم من الفولاذ الصفائحى . وتركب المدارج ١١ في حفرات اغطيتها . وتكون المدارج من الطرفين كروية في المولدات من القياس

الخامس ، اما فى المولدات ذات القياس الأكبر ، فتكون المدارج المركبة من جهة اجهزة التحريك ، بلحية .

ويتم تجميع القلب الفولاذى ٦ للعضو الدوار ، من صفائح الفولاذ الكهربائى ، التى تقص بالكبس على هيئة نجمة رباعية الرؤوس ، من القطع المتبقية بعد قص الصفائح للعضو الساكن . وان توضع الاقطاب بشكل المشط يؤمن توزيع المجال المغناطيسى فى الفراغ الهوائى ، بحيث يتقارب من التوزيع الجيبي . ويثبت قلب العضو الدوار على طول العمود بوصلة مشقبية ، ويثبت من الجانبين بحلقتين نابضيتين .

يتألف الملف ٧ للعضو الدوار من أربع وشائع ملفوفة بسلك نحاسى مستطيل . وتوصل الوشائع على التسلسل ، اما الاطراف الخارجة لملف التحريض فتمر عبر ثقب فى العمود ، وتوصل مع حلقتى تماس ٩ من النحاس الاصفر . وتنزلق على حلقتى التماس فرشائتان توضعان فى حاملى الفراشى ، المثبتين على غطاء المدرجة . وتغطى وحدة الفراشى وحلقات التماس بغطاء ٨ مزود بمصاريح وثقوب لمرور هواء التبريد .

يمر التيار المستمر الى ملف التحريض (عبر حلقات التماس والفراشى) ، من المقومات السيلينيومية التى تتغذى من ملف العضو الساكن للمولد من خلال محولات استقرار خاصة رباعية الملفات .

ولتبريد المولد تستخدم المروحة النابذة ١٢ ، المركبة على عموده ، حيث يسحب الهواء من جهة حلقات التماس ويطرد من جهة جهاز التحريك .

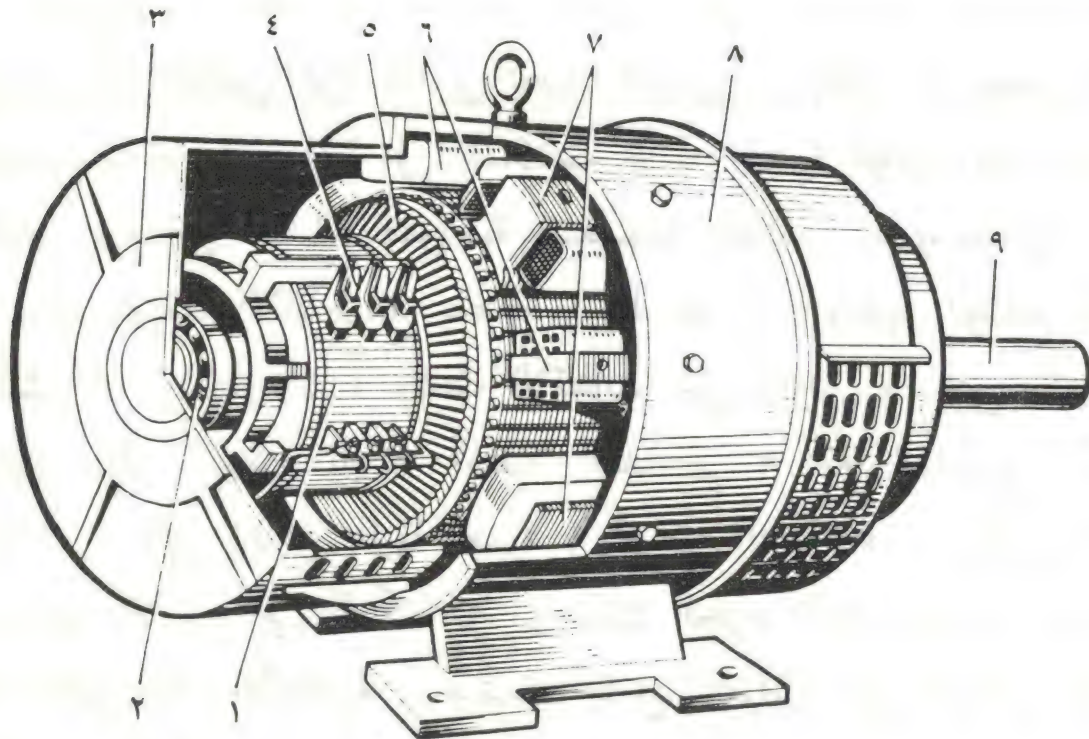
البند ١٠ - الممكنات ذات المبدل

لقد حظيت الممكنات ذات المبدل (الموحد أو المجمع) ، والتى تعمل بالتيار المستمر بأوسع انتشار ، فهى تستخدم بصفة محركات كهربائية وبصفة مولدات ايضا .

تسمح المحركات الكهربائية العاملة بالتيار المستمر ، بالتغير السلس لعدد الدورات فى حدود واسعة ، كما وتشكل عزوم اقلاع كبيرة ، وهذا

مهم جدا لوسائط النقل الكهربائية ولمختلف تجهيزات الرفع وللعديد من
المكنات المستخدمة فى صناعة التعدين . وقد عملت هذه الخواص على
توسيع استخدام المحركات الكهربائية التى تعمل بالتيار المستمر فى العديد
من فروع الاقتصاد الوطنى ، بالرغم من أن وجود الملف المعقد لعضو
الانتاج والموحد وتجهيزة الفرشى ، كل ذلك يجعل المكنات العاملة بالتيار
المستمر اعلى ثمنا واقل ضمانا من المكنات الخالية من الموحد والعاملة
بالتيار المتناوب . هذا ، بالاضافة الى أن استخدام المحركات العاملة بالتيار
المستمر مرتبط غالبا بضرورة تحويل التيار المتناوب الذى تعطيه الشبكة ،
الى تيار مستمر .

وتستخدم مولدات التيار المستمر لتغذية المحركات الكهربائية وشحن
المدخرات واللحام الكهربائى للمعادن ، وكذلك تستخدم بصفة محرضات
للمكنات المتزامنة .



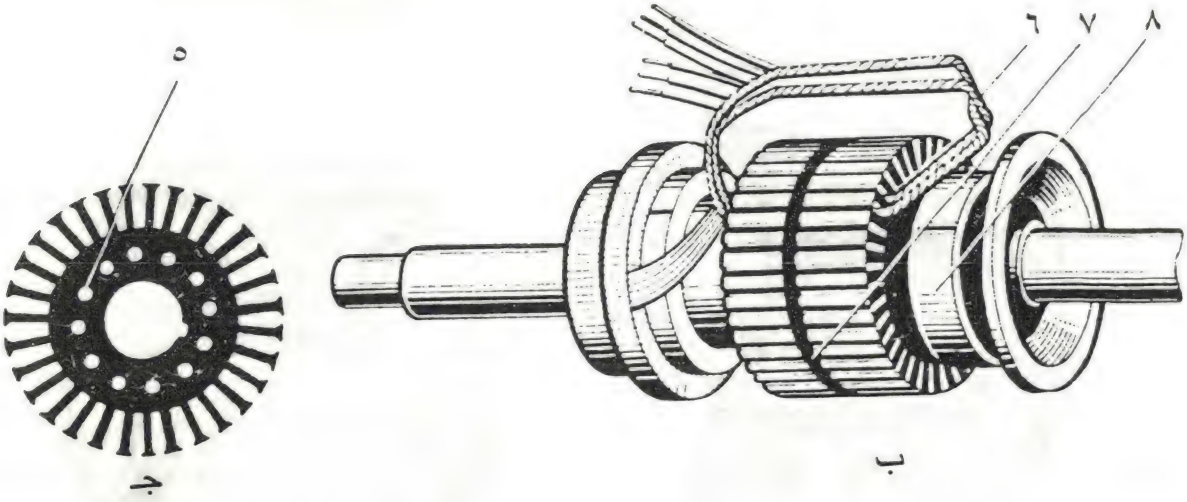
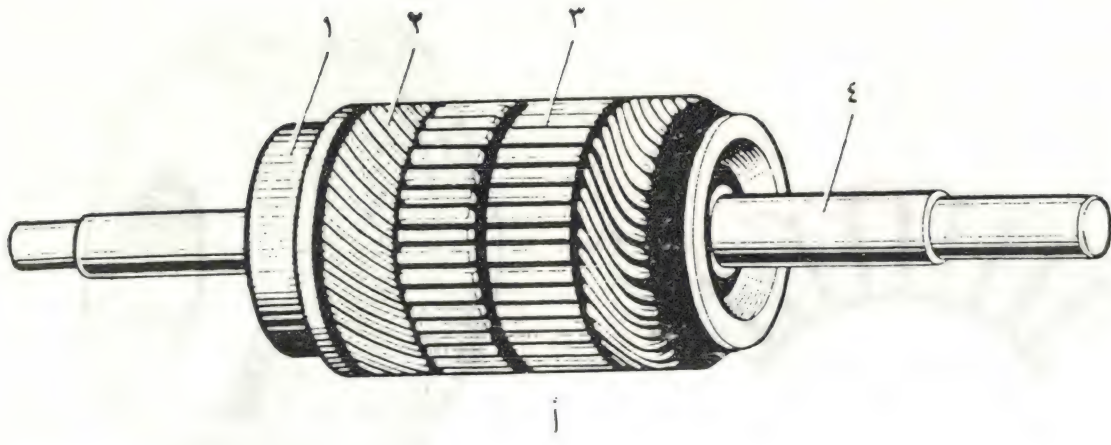
الشكل ٣٩ - تركيب المكنة العاملة بالتيار المستمر :

- ١ - موحد ، ٢ - مدرجة ، ٣ - غطاء المدرجة ، ٤ - حوامل الفرشى مع الفرشى ، ٥ -
عضو الانتاج ، ٦ - اقطاب اضافية ، ٧ - اقطاب رئيسية ، ٨ - فرش ، ٩ - عمود

ويبين الشكل ٣٩ تركيب مكنة نموذجية ذات موحد ، تعمل بالتيار المستمر . وتتألف هذه المكنة من العضو الساكن والعضو الدوار ، يفصل بينهما خلوص هوائي . فالعضو الساكن هو هيكل المكنة ، والمعرض في نفس الوقت ، اى يولد مجالا مغناطيسيا اساسيا ، كما انه يعتبر جزءا من الموصل المغناطيسى . ويصنع الفرش الاسطوانى ٨ للعضو الساكن من الفولاذ الذى يتمتع بمتانة ميكانيكية كافية ، ونفاذية مغناطيسية . ويكون الفرش اما مسكوبا او مصنوعا من صفيح فولاذى سميك ، يلف بشكل اسطوانة ثم يلحم .

وتثبت الاقطاب الاساسية ٧ على السطح الداخلى للفرش ، وهى تولد مجالا مغناطيسيا أساسيا للمكنة ، اما وشائع تلك الاقطاب فتشكل ملف التحريض . وتتواجد الاقطاب الاضافية ٦ مع وشائنها بين الاقطاب الاساسية ، وهى مخصصة لاضعاف تأثير المجال المغناطيسى لعضو الانتاج على المجال المغناطيسى الاساسى للمكنة الذى تولده الأقطاب الرئيسية (اضعاف رد فعل عضو الانتاج) ، ولتحسين ظروف التقارن بين قطاعات الملف لعضو الانتاج ، اى انقاص تولد الشرر تحت الفراشى . وغالبا ما يصنع القلب للاقطاب الرئيسية والاضافية فى المكنات ذات القدرة الواطئة والمتوسطة ، على هيئة رزم من الالواح الفولاذية المصنوعة بالكبس ، وسماكتها ١ أو ٢ مم . ثم تضغط الالواح مع بعضها وتربط بصبالم . وتجهز الوشائع القطبية من سلك نحاسى معزول ، وتثبت الاقطاب على الفرش بالبراغى والصبالم . وعلى طرفى الفرش تثبت أغشية المدارج ٣ مع المدارج الكروية والبلحية ٢ ، التى يرتكز عليها العمود ٩ للعضو الدوار ٥ ، ويقوم الاخير بدور عضو الانتاج فى المكنة ، اى ذلك الجزء الذى تتعرض فيه القوة الدافعة الكهربائية الاساسية . ويثبت حامل الفراشى مع الفراشى ٤ على غطاء المدرجة الموجود من جهة الموحد ١ .

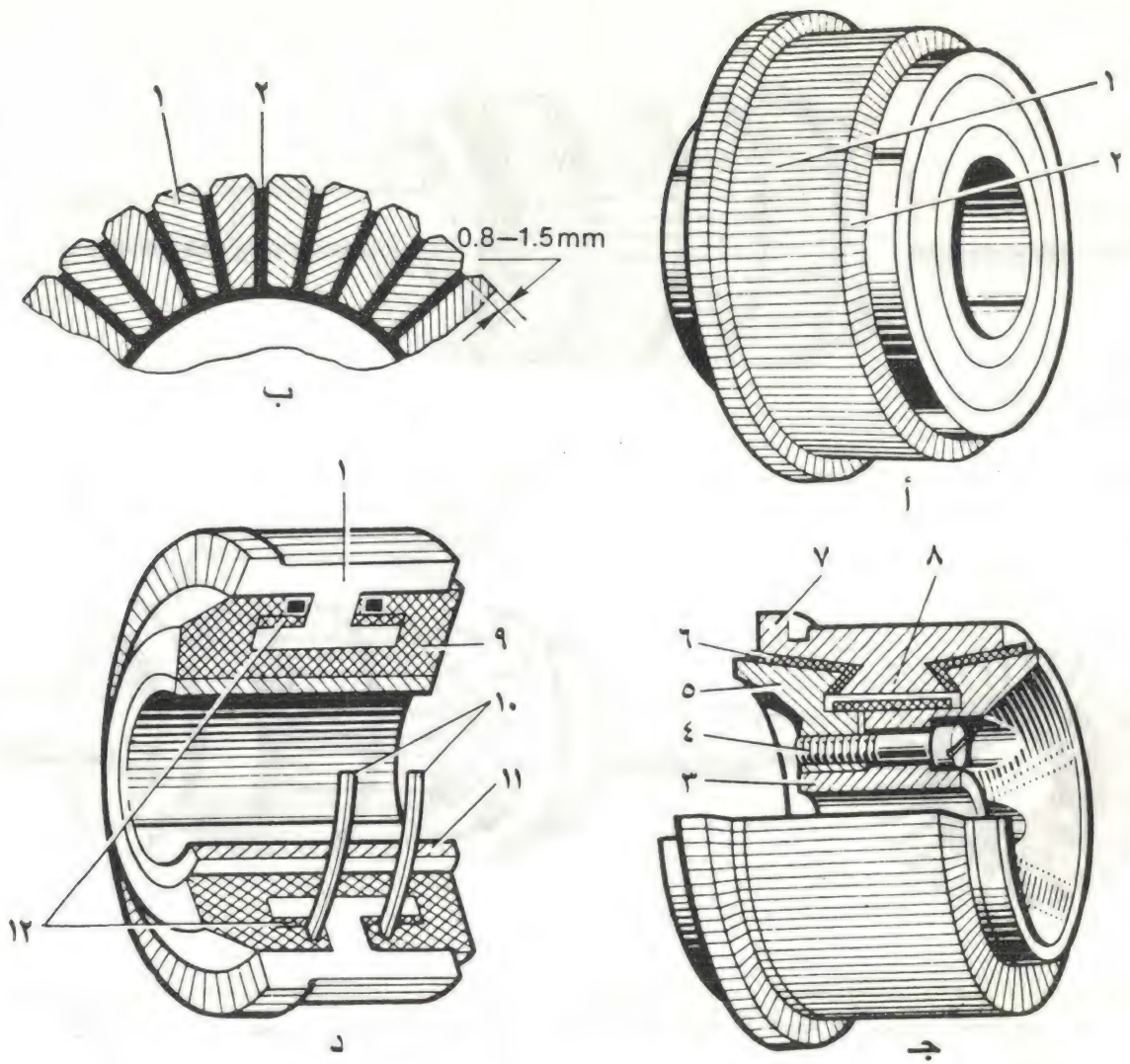
يتألف العضو الدوار (عضو الانتاج) المبين على الشكل ٤٠ ، من العمود ٤ والقلب ٣ والملف ٢ والموحد ١ . والقلب هو عبارة عن رزمة اسطوانية الشكل لها مجار واسنان على سطحها الخارجى ، ويتم تجميع هذه الرزمة



الشكل ٤٠ - عضو الانتاج (عضو دوار) للمكنة العاملة بالتيار المستمر :
 أ- في حالة التجميع ، ب- اثناء عملية اللف ، ج- صفيحة القلب لعضو الانتاج مصنوعة
 بالكبس ، ١- موحد ، ٢- ملف ، ٣- قلب ، ٤- عمود ، ٥- ثقوب التهوية ، ٦ -
 قطاعات الملف ، ٧- مكان الرباط ، ٨- ماسك الملف

من صفائح الفولاذ الكهربائي المصنوعة بالكبس ، وسماكتها ٣,٥ مم ، أو ٥,٥ مم ، وتدهن عادة بالك ، وتركب هذه الرزمة على العمود ، وتضغط بفلكى تثبيت . وفي جسم القلب لعضو الانتاج ، غالبا ما يتم تحضير أقنية تهوية مشكلة من ثقوب دائرية ٥ في الصفائح المكبوسة ، وتعمل هذه الاقنية على تحسين تبريد عضو الانتاج .

يتوضع ملف عضو الانتاج في مجارى القلب ، وهو ملف من سلك نحاسى معزول مقطعه دائرى او مستطيل الشكل . ويتألف الملف من قطاعات فى المجارى المعزولة مسبقا ، ويثبت الملف فى المجارى باسافين خشبية أو من التكستوليت . وفى بعض المكنات ذات الموحد يثبت الملف لعضو الانتاج باحزمة من سلك فولاذى او برونزى ، وكى لا يبرز الحزام



الشكل ٤١ - الموحد :

أ - منظر عام ، ب - أوضاع صفائح التوحيد و صفائح العزل ، ج - بنية الموحد من النوع القنطري (مزود بفلكات مخروطية) ، د - بنية الموحد المركب على المادة البلاستيكية ؛ ١ - صفيحة الموحد ، ٢ - صفيحة عازلة ، ٣ - جلبة مع فلكة مخروطية ، ٤ - برغي شد ، ٥ - فلكة مخروطية ، ٦ - حلقات منع تسرب من الميكانيك ، ٧ - «عرف الديك» لصفيحة الموحد ، ٨ - «ذيل السنونو» لصفيحة الموحد ، ٩ - مادة بلاستيكية ، ١٠ - حلقات التسليح ، ١١ - جلبة فولاذية مركزية ، ١٢ - «ذيول» بارزة لصفائح العزل من الميكانيكا بين صفائح الموحد

يجعل قطر القلب في هذا المكان ٧ أقل بقليل . وفي معظم الحالات ، تثبت الاقسام الطرفية (الجبهية) لملف عضو الانتاج ، على ماسك خاص ٨ ، بواسطة الاحزمة أيضا .

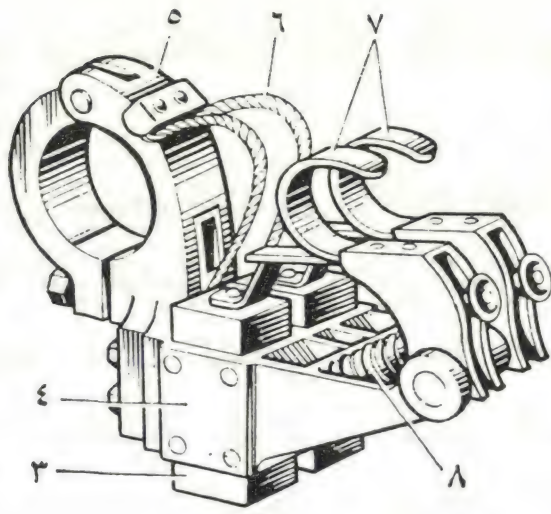
ويتألف موحد المكنة (الشكل ٤١) من الصفائح النحاسية ١ ، التي تنفصل عن بعضها بطبقات عازلة ٢ . وتصنع صفائح الموحد من النحاس المدرفل على البارد والخاص بتصنيع الموحدات ، اما العوازل الفاصلة فهي

تصنع من الميكانيك الذى يتألف من صفائح الميكا الملصقة مع بعضها بالراتنج .

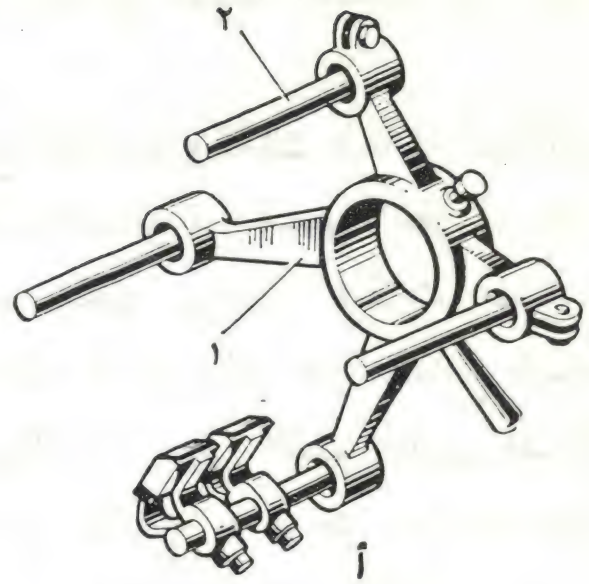
فى الموحد القنطرى ، تكون الصفائح النحاسية وكذلك طبقات الميكانيك العازلة التى تفصل بينها ، على شكل ذنب السنونو فى قسمها السفلى ، وتثبت جميعها بحيث تشكل مجموعة واحدة وذلك بواسطة فلكات مخروطية فولاذية مشدودة بالبراغى . وتغزل الفلكات المخروطية عن صفائح الموحد بمساعدة اساور الميكانيك واسطوانة الميكانيك . وفى القسم العلوى لصفائح الموحد ومن الجهة القريبة من قلب عضو الانتاج ، توجد بروزات توصل معها (غالبا بلحام المونة) اطراف قطاعات الملف لعضو الانتاج .

اما فى الموحد المصنوع من البلاستيك ، فان مجموعة الصفائح النحاسية وطبقات الميكانيك العازلة تثبت مع بعضها بواسطة البلاستيك ٩ ، الذى ينضغط بين الصفائح والجلبة الفولاذية الاسطوانية الشكل ١١ . وبهدف زيادة المتانة الميكانيكية ، غالبا ما يسلح البلاستيك بحلقات فولاذية ١٠ تستند على النهايات البارزة لعوازل الميكانيك ١٢ ، وذلك للحيلولة دون اغلاق دائرة صفائح الموحد بحلقات التسليح .

ان الموحدات البلاستيكية ابسط وارخص ثمنا من الموحدات ذات النمط القنطرى ، وهى تستخدم فى الوقت الحالى فى مكينات قدرتها غير كبيرة نسبيا . وللمكينات الضخمة تكون الموحدات ذات النمط القنطرى أكثر ضمانة . وتتألف تجهيزة الفراشى لسحب التيار (الشكل ٤٢) عادة من العارضة ١ والاصابع ٢ وحوامل الفراشى ، ومن خلال الاخيرة يتم التماس الكهربائى مع صفائح الموحد . وغالبا ، تثبت العارضة على غطاء المدرجة . وتغزل الاصابع كهربائيا عن العارضة (احيانا تصنع الاصابع ذاتها من مادة عازلة) ، ويكون عددها عادة مساويا لعدد الاقطاب الرئيسية للمكينة ، ويثبت على كل اصبع طاقم من حوامل الفراشى . ويبين الشكل حامل فراشى مزدوج يتألف من الطوق ٤ ، حيث توضع الفرشائتان ٣ ، ومن الزنادين ٧ اللذين ينقلان ضغط النوابض ٨ على الفراشى ، والمقمت ٥ الذى يستخدم لتثبيت حامل الفراشى على الاصبع .



ب



ا

الشكل ٤٢ - تجهيزة الفراشى للمكنة ذات الموحد :

١ - عارضة مزودة باصابع ، ب - حامل فراشى مزدوج ؛ ١ - عارضة ، ٢ - اصبع ، ٣ - فرشاة ، ٤ - طوق ، ٥ - ممسك ، ٦ - سلك الفرشاة المرن الناقل للتيار ، ٧ - زنار ، ٨ - نابض

توصل حوامل الفراشى من نفس القطبية («+» او «-») مع بعضها بقضبان توصيل جامعة ، توصل بدورها مع مأخذ المكنة . وتوجد علبة المأخذ عادة على الفرش ، ويجرى تعليم المأخذ كما يلي ١-١ : و ٢-١ - ملف عضو الانتاج ، ١-١ و ٢-١ - ملف الاقطاب الاضافية ، ١-١ و ٢-١ - ملف التعويض ، ١-١ و ٢-١ - الملف المتسلسل للتحريض ، ١-١ و ٢-١ - الملف المتوازي للتحريض . ويدل الرقم ١ على بداية الملف ، والرقم ٢ على نهايته .

ولتحسين التبريد تزود غالبية المكنات بمراوح ، تمتص عادة هواء التبريد من جهة الموحد ، ثم يمر الهواء داخل المكنة فى الاتجاه المحورى ، ويطرد من المكنة عبر شبكه التهوية بواسطة مروحة نابذة ، تتركب على العمود من الجهة المقابلة للموحد .

تنتج مصانع الاتحاد السوفيتى مكنات ذات موحد على شكل دفعات لها اغراض معينة .

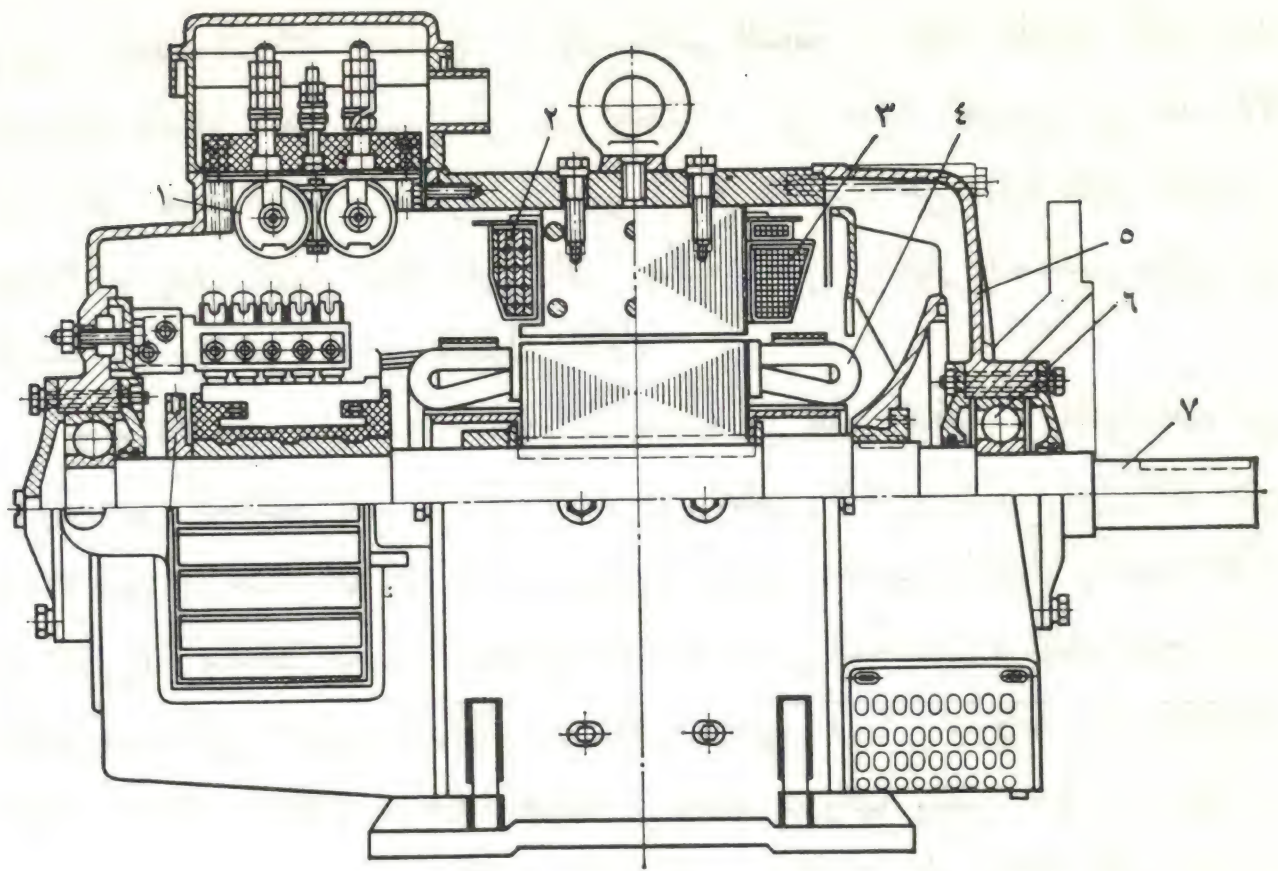
فالدفعه الموحدة II للمكنات العاملة بالتيار المستمر ، تضم مكنات تستخدم فى الصناعة لاغراض عامة مثل المحركات الكهربائيه والمولدات .

ويرمز لنمط الممكنة كما يلي : Π - اسم الدفعة ؛ ويدل العدد التالى بعد الحرف المؤلف من رقمين او رقم واحد ، على مرتبة القياس (يوجد ٢٨ قياسا فى هذه الدفعة) ، والرقم الاخير (1 أو 2) يدل على مرتبة طول القلب . فمثلا ، يدل الرمز $\Pi 41$ على ان الممكنة تعمل بالتيار المستمر وهى من الدفعة Π والقياس الرابع والطول الأول .

ونصادف فى ورشات اصلاح الممكنات من هذه الدفعة ، بالقياسات من الاول حتى الحادى عشر (القطر الخارجى لعضو الانتاج يتراوح من ٨٣ حتى ٣٦٨ مم) ، علما بان كل قياس يستدرك نوعين مختلفين بالطول (الطول الاول او الثانى) . وتدخل ضمن المجموعة المذكورة من الممكنات ، تلك المحركات الكهربائية التى تتراوح قدرتها من ٠,١٣ حتى ٢٠٠ كيلوواط ، وبفلطيات تعادل ١١٠ ، ٢٢٠ ، ٤٤٠ فولط ، وعدد دوراتها يبلغ ٦٠٠ ، ٧٥٠ ، ١٠٠٠ ، ١٥٠٠ ، ٣٠٠٠ دورة/دقيقة ؛ وكذلك المولدات التى تتراوح قدرتها من ٠,٣٧ حتى ٩٠ كيلوواط ، وبفلطيات ١١٥ ، ٢٣٠ / ٤٦٠ فولط ، وعدد دوراتها ٩٨٠ ، ١٤٥٠ ، ٢٨٥٠ دورة/دقيقة .

وتحتوى المحركات الكهربائية على ملف تحريض مواز وملف تحريض صغير متسلسل للاستقرار . وهذا يضمن اثناء عمل الممكنة ثبات قيمة الدفع المغناطيسى الرئيسى ، ويضمن تغيرا صغيرا نسبيا لعدد الدورات فى نطاق واسع للحمولات . أما المولدات التى تدخل ضمن مجموعة الممكنات من الدفعة Π فهى تزود بملف تحريض متواز او مختلط ، يضمن فلطية مستقرة بما فيه الكفاية عند تغيير الحمولة من القيمة المقدرة حتى انعدامها (عند العمل بدون تحميل) .

تصنع ممكنات الدفعة الموحدة Π من القياس الاول والثانى والثالث ، بقطبين رئيسيين وقطب اضافى واحد ، اما الممكنات من القياسات التى تبدأ من الرابع حتى الحادى عشر ضمنا ، فهى تزود بأربعة اقطاب رئيسية واربعة اقطاب اضافية . وتكون الموحدات فى الممكنات من القياس الثانى حتى السادس مركبة على البلاستيك ، اما الممكنات من القياس السابع حتى الحادى عشر ضمنا فتكون موحداتها من النمط القنطرى . ومن حيث طريقة التركيب



الشكل ٤٣ - مكنة التيار المستمر من الطراز П-52 :

١ - مكشف تجهيزة منع التشويش ، ٢ - قطب اضافي ، ٣ - قطب رئيسي ، ٤ - ملف عضو الانتاج ، ٥ - غطاء المدرجة ، ٦ - مدرجة ، ٧ - عمود

فان مكينات الدفعة П من القياس الاول حتى الحادى عشر ضمنا ، تكون افقية (على ارجل ، أو بشفة على غطاء المدرجة) ، أو رأسية ، علما بانها تزود عادة بطرف حر للعمود من الجهة المقابلة للموحد .

ويبين الشكل ٤٣ تصميمين نموذجيا للدفعة الموحدة П ، وهو تصميم المكنة П52 ، حيث يوضع فى القسم المتوسط للعمود ٧ ، القلب الفولاذى لعضو الانتاج الحاوى على مجار نصف مغلقة ، يوضع فيها ملف عضو الانتاج . ويصنع هذا الملف من سلك نحاسى معزول له مقطع دائرى . وتوضع على طرفى القلب الفولاذى لعضو الانتاج صفيحتان من مادة عازلة ، فيهما مجار أيضا ، وهما تقومان بحماية عازل الاسلاك لملف عضو الانتاج من التضرر الذى قد يحصل على الحواف الحادة فى مكان خروج الاسلاك من المجرى . ويضغط قلب عضو الانتاج بين فلكتين ضاغطتين تكون اطرافهما الخارجية مثنية وتقوم بدور ماسكات الملف من الجانبين . وتكون

فلكة التثبيت لقلب عضو الانتاج ، الموجودة فى جهة جهاز التحريك ، مستندة على نتوء العمود ، اما الفلكة الاخرى من جهة الموحد فتسند على جلبة خاصة . وقد صنع موحد الممكنة من البلاستيك ، اما ملف عضو الانتاج فيثبت فى المجارى بواسطة أسافين ، وتثبت الاقسام الجبهية للملف باربطة سلكية .

وتنفذ التهوية بمساعدة مروحة مسكوبة من الومنيوم ومركبة على العمود . وفى الثقب المحورى للمروحة توجد جلبة فولاذية مسكوبة تثبت على العمود بواسطة خابور . ويمتص الهواء عبر مصاريع موجودة فى أغطية فتحات الموحد ، ويمر عبر الممكنة ويبرد الموحد والسطح الخارجى لعضو الانتاج والاقطاب ، ومن ثم يطرد للخارج عبر الثقب السفلى لغطاء المدرجة ٥ ، المغطى بشبكة مصنوعة بالكبس . ويتم توازن عضو الانتاج بأثقال موازنة تثبت على المروحة ، وكذلك بواسطة حفر ثقب قطرية على حلقة توازن مخصصة لذلك .

تنضغط الحلقة الخارجية للمدرجة الكروية الواقعة من جهة الموحد ، بواسطة الاغطية . وتقوم المدرجة بتثبيت وضع عضو الانتاج فى الممكنة ، وهى تتلقى الحمولات المحورية . ويوجد فى طرف غطاء المدرجة ثقب لوصل عمود عداد الدورات ، يوضع فيه لولب . ويترك خلوص بين حلقة المدرجة الكروية الواقعة من جهة جهاز التحريك ، وبين اغطية المدارج ، وذلك للتعويض عن التمدد الحرارى للعمود .

توضع العارضة لتجهيزة سحب التيار ، فى أخدود حلقى مخروط على غطاء المدرجة ، وتثبت عليه بالبراغى . وبتحرير صوامل هذه البراغى يمكن تدوير العارضة ووضع الفراشى على الحياض . وتثبت الاصابع التكميلية لحوامل الفراشى على العارضة بواسطة البراغى .

اما هيكل (فرش) الممكنة فهو عبارة عن انبوب فولاذى لحمت عليه الارجل . وعلى طرفى الفرش توجد اخاديد خارجية حلقيه تساعد على تمركز اغطية المدارج عند تركيبها . وتثبت الاقطاب الرئيسية ٣ والاضافية ٢ على الهيكل بواسطة البراغى . وتصنع قلوب الاقطاب من رزم من الصفائح ، بحيث تتوضع الصفائح فى رزم الاقطاب الرئيسية فى الاتجاه العرضى ، اما

في الاقطاب الاضافية فتوضع في الاتجاه الطولى . وتركب على القطب الرئيسى وشيعة ملف التحريض الموازى توضع عليها وشيعة صغيرة للملف المتسلسل . وتكون صفائح القلب للقطب الاضافى ذات بروزات تستند عليها الوشيعة .

وتوجد علبة المآخذ في القسم العلوى للهيكل ، وهى تغطى من الخارج بغطاء مصنوع بالكبس . وفى داخل العلبة توجد لوحة المآخذ مع براغى التماس التى توصل معها مآخذ ملفات المكنة ، وتثبت المكثفات ١ تحت لوحة المآخذ ، وهى مخصصة لتخفيض التشويش الراديوى .

وقد خصصت الدفعة الموحدة الجديدة من مكثات التيار المستمر 2π ؛ بدلا من الدفعة π . وتتميز المكثات الجديدة عن القديمة بأفضليات كبيرة وهى : أبعادها ووزنها أقل ، ولها مجال اوسع لضبط عدد الدورات للمحركات ، وهى منخفضة الضجيج والارتجاج ، وقد تضاعفت تقريبا مدة عملها .

تضم الدفعة الموحدة 2π المحركات الكهربائية التى تتراوح قدراتها من ٠,٣٧ حتى ٢٠٠ كيلوواط ، ويتراوح ارتفاع محور الدوران فيها من ٩٠ حتى ٣١٥ مم . ويفسر الرمز الاصطلاحي لنمط هذه المكثات ، مثلا للمحرك الكهربائى $2\pi AT90M$ كما يلى : 2π - اسم الدفعة القياسية ؛ A - محرك محمى (H - محرك محمى مع تهوية مستقلة من مروحة خارجية ، B - محرك مغلق بتبريد طبيعى ، O - محرك مغلق يبرد بالنفخ الخارجى من مروحة خارجية) ؛ T - محرك مزود بعداد الدورات ؛ 90 - ارتفاع محور الدوران بالمليمترات ؛ M - المرتبة الاولى لطول المحرك (L - المرتبة الثانية لطول المحرك) .

ومما تتميز به المكثات الجديدة ، خاصة هو شكلها الجميل ، فهيكلاها الاسطوانى يخلو من اقسام بارزة الى الخارج ، اما الاغطية المسطحة للمدارج فتجعل صيانة المكثات أكثر سهولة وبساطة .

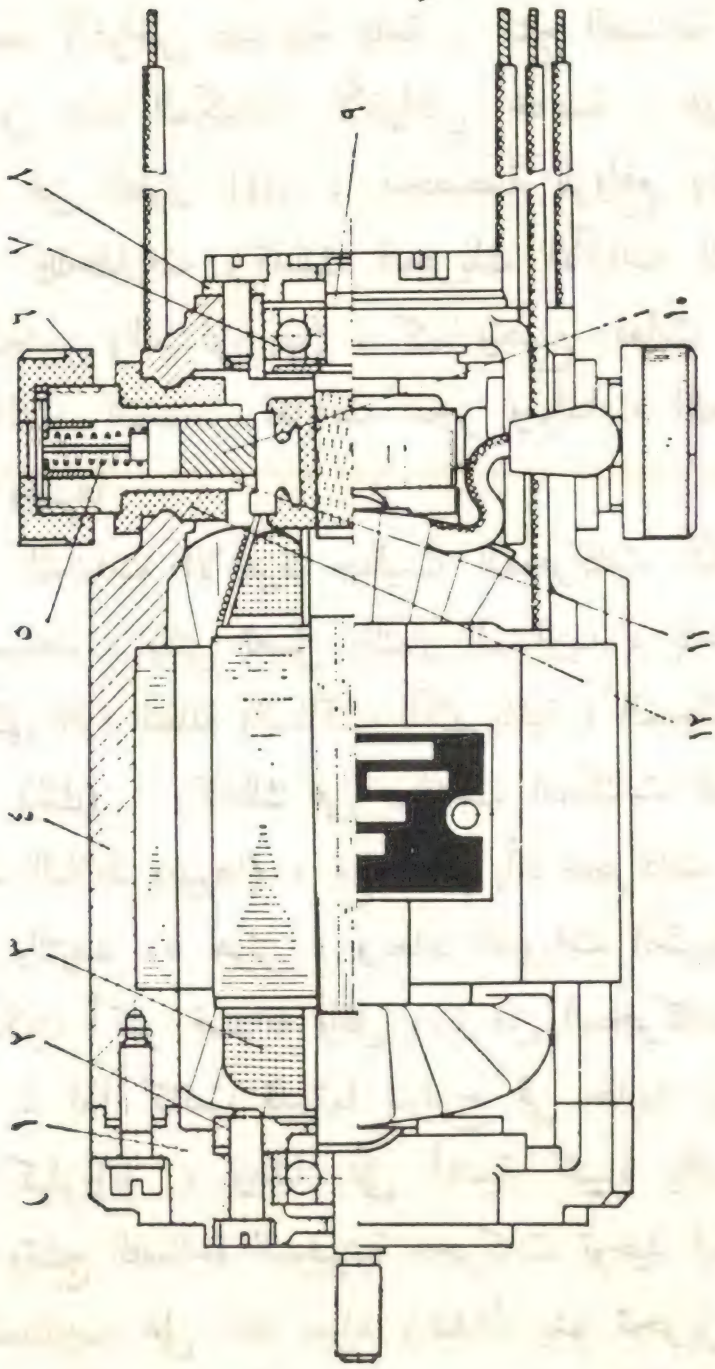
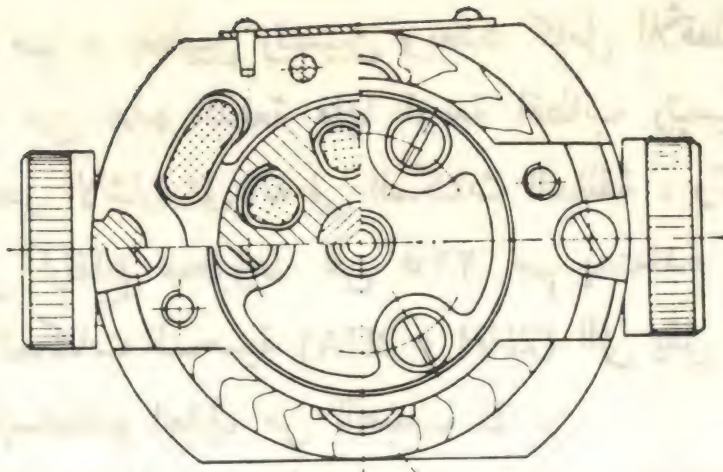
وتصنع مكثات الدفعة الموحدة ، التى يعادلورها ٩٠

و ١٠٠ مم ، بقطبين رئيسيين وبعدد كامل للأقطاب الاضافية . اما باقى
الممكنات من هذه الدفعة فلها اربعة اقطاب رئيسية .
وتجدر الاشارة الى انه فى الممكنات المغلقة ، وكذلك فى جميع الممكنات
التي يقل ارتفاع محورها عن ٢٢٥ مم يستخدم العازل من الصنف F ؛
اما فى الممكنات المحمية (2ΠH ، 2ΠA) التي يقل ارتفاع محورها عن ٢٢٥
مم ، فيستخدم العازل من الصنف B .

وبالاضافة الى انتاج الدفعات الموحدة من الممكنات العاملة بالتيار المستمر
والمخصصة لأغراض صناعية عامة ، تنتج الصناعة السوفيتية كذلك دفعات
اخرى من هذه الممكنات لأغراض خاصة . فهى تنتج مثلا محركات
كهربائية من الطراز ДП ، مخصصة للروافع وغيرها من ممكنات النقل
والرفع ، وللحفارات وكذلك لتحريك الآليات المساعدة المستخدمة فى
صناعة التعدين (الميتالورجيا) ، كما وتصنع دفعات من المحركات الكهربائية
العاملة بالتيار المستمر لغايات الجر ومولدات اللحام ومحركات الممكنات
المتزامنة وغيرها .

وفى السنوات الاخيرة حظيت المحركات الكهربائية الاحادية الطور
وذات الموحد ، والتي تعمل بالتيار المتناوب ، باستخدام واسع فى مختلف
العدد الكهربائية النقالة (المثاقب الكهربائية ، المجالخ والمناشير الكهربائية ،
وما شابه ذلك) ، وكذلك فى مختلف الممكنات المنزلية (مكانس كهربائية
وجلايات البلاط وغيرها) ، مع العلم بأن محركات التوحيد ، العاملة بالتيار
المتناوب والتردد ٥٠ هرتز ، وبعدد الدورات الكبيرة (حتى ٢٥٠٠٠ دورة /
دقيقة) تكون أكثر ضمانا واقل وزنا من المحركات اللامتزامنة ذات الدائرة
المقصرة ، اذا كانت قدرتها تتراوح فى حدود من عدة عشرات الواط الى
٢-٣ كيلوواط ، وهذا على أهمية كبيرة بالنسبة للممكنات الكهربائية
النقالة . وتنتج الصناعة السوفيتية محركات توحيد ايضا تعمل بالتيار المستمر
والتيار المتناوب على حد سواء (عندئذ يتم تحويل ملف التحريض) .

يبين الشكل ٤٤ تركيب احد هذه المحركات . يتألف القلب الفولاذى
للعضو الساكن لهذا المحرك من رزمة الصفائح الرقيقة المصنوعة بالكبس



- الشكل ٤٤ - محرك ذو موحد يركب ضمن الاجهزة ، من السلسلة VB :
- ١ - غطاء مدرجة خلفي ، ٢ و ٨ - اغطية المدارج ، ٣ - ملف عضو الانتاج ، ٤ - قشرة الومنيوم ، ٥ - نابض ، ٦ - قلنسوة ، ٧ - مدرجة كروية ، ٩ - فلكة نابضية ، ١٠ - فرشاة ، ١١ - طوق حامل الفرشاة ، ١٢ - جلبة بلاستيكية ، ١٣ - ملف التحريض

من الفولاذ الكهربائي . ويكون شكل الصفائح عند تجميعها على هيئة اسطوانة مشطوفة بحافتين ، ويتشكل بروزان (قطبان) داخل الرزمة ، بينهما ثقب اسطوانى من اجل عضو الانتاج . وتسكب الرزمة المضغوطة فى غلاف خارجى من الالومنيوم ٤ ، وتسكب معها فى آن واحد حلقتها الطرفيتان مع الغلاف ، اللتان تثبتان وضع الرزمة ، وكذلك قضبان شد الصفائح (لسكب القضبان يجرى تخريم ثقب دائرية فى صفائح العضو الساكن) ، وكذلك غطاء المدرجة الامامية (من جهة الموحد) . اما غطاء المدرجة الخلفية (من جهة جهاز التحريك) فيصنع ايضا من الالومنيوم غير انه يسكب ويعالج على انفراد . وهو يثبت على العضو الساكن بلولين .

تركب وشائع ملف التحريض المتسلسل ١٣ على الاقطاب وتثبت هنا بأقواس مصنوعة بالكبس .

ويصنع كذلك القلب فى عضو الانتاج من صفائح فولاذية رقيقة مضغوطة على بعضها ، بحيث تشكل مجار نصف مغلقة معزولة بكرتون كهربائى . ويوضع فى المجارى الملف ٣ لعضو الانتاج ، والمصنوع من سلك نحاسى مستدير معزول بعازل من المينا . وتلحم أطراف القطاعات لملف عضو الانتاج على صفائح الموحد . ويزود المحرك بموحد مصنوع من البلاستيك . وفى الغطاء الامامى للمدرجة وفوق الموحد ، يركب بجساءة حاملان للفرشيتين ، معزولان عن غطاء المدرجة بجلب بلاستيكية ١٢ . ولحامل الفرشاة طوق من سبيكة الزنك ، توضع داخله الفرشاة ١٠ التى تنضغط على الموحد بواسطة نابض ٥ ، ويركب الغطاء البلاستيكى ٦ على الطوق . يدور عمود المحرك الكهربائى على مدرجتين كرويتين ، احدهما قطرية (من جهة جهاز التحريك) ، والاخرى قطرية - استنادية (من جهة الموحد) .

أسئلة للمراجعة

- ١ - كيف تصنف المكنات الكهربائية من حيث غايتها وتركيبها ، ونوع تيارها وفلطيتها ؟
- ٢ - تكلم عن تركيب المكنات اللامتزامنة ذات الاعضاء الدوارة الطورية ، وذات الاعضاء الدوارة المقصرة .
- ٣ - عدد الحالات التى تستخدم فيها المحركات اللامتزامنة والعالية التردد ، وتحدث عن خصائص تركيبها .

- ٤- تحدث عن تركيب المحول اللامتزامن للتردد .
٥- تحدث عن تركيب المكثات المتزامنة ذات الاعضاء الدائرة الظاهرة الاقطاب ، وذات الاعضاء الدائرة المخفية الاقطاب .
٦- تحدث عن تركيب مكثات التوحيد ، التي تعمل بالتيار المستمر والتيار المتناوب .

الباب الثالث:

مواد الموصلات الكهربائية والمغناطيسية

البند ١١ - اسلاك الملفات

ان المادة الاساسية التي تستخدم لتحضير الملفات في المحولات والمكثات الكهربائية ، هي اسلاك يصنع عادة جزؤها الموصل للتيار من النحاس او الالومنيوم وعازلها الخارجى من الميناء او المواد الليفية (الخيوط القطنية او الحريرية او غيرها) او الشريط الورقى او المواد العازلة المركبة . وتستخدم ايضا اسلاك اللف العارية ، ويتم عزلها اثناء اللف مباشرة ، وخاصة لصنع الملفات فى المكثات والمحولات الكهربائية الكبيرة والمتخصصة . تصنع اسلاك اللف بأبعاد قياسية ، كما انها قد تكون بمقطع دائرى او مستطيل او بمقطع له شكل آخر ، ونذكر مثالا على ذلك ، المكثات المتخصصة العاملة بترددات كبيرة التى تصنع من اجلها اسلاك ملتوية وملتفة من اسلاك رفيعة ومشكلة بمقطع مستطيل او غيره .

يجب ان تتميز المواد الموصلة المستخدمة فى اسلاك اللف ، بمقاومة كهربائية نوعية منخفضة ، ومتانة ميكانيكية كافية ، وصمود كيميائى كبير ، وبشمن رخيص . وهكذا ، فان الفضة لا تستخدم بسبب غلائها رغم انها تتميز بأقل مقاومة كهربائية . اما النحاس فيتميز بمقاومة كهربائية نوعية اكبر من الفضة ولكنه معدن غير غال نسبيا ، كما له متانة ميكانيكية كبيرة وصمود كيميائى كاف ، ولذا فانه يستخدم فى اسلاك اللف اكثر من غيره من المعادن .

هذا وتزداد المقاومة النوعية للنحاس بشكل ملحوظ في حال وجود شوائب فيه مثل الانتيمون والبرزموث ، لذا يستخدم النحاس النقي الالكتروليتي من اجل اسلاك اللف ، حيث أن الشوائب لا تزيد فيه عن ٠,١٪ . وعند درفلة النحاس على البارد فانه يصبح أقسى وأمتن ، لكن مقاومته النوعية تزداد عندئذ . ويعمل تلدين النحاس على استعادة خواصه الاولى ، بحيث يصبح اكثر طراوة وتنخفض مقاومته النوعية الى قيمة ما قبل الدرفلة .

وفي السنوات الاخيرة يستخدم الالومنيوم في اسلاك الملفات أيضا مع العلم بان المقاومة النوعية للالومنيوم تزيد بمقدار الثلث عن مقاومة النحاس . اما الخواص الميكانيكية للالومنيوم فهي ارضا ، اذ انه أكثر هشاشة . غير ان الالومنيوم أخف من النحاس وارخص منه ، كما انه متوفر بكثرة .

تستخدم في الصناعة الحديثة للمحولات والمكثات الكهربائية اسلاك اللف ذات الماركات المختلفة ، التي يزداد عددها باستمرار ، نظرا لزيادة المتطلبات بالنسبة لجودة المكثات الكهربائية والمحولات ، وكذلك بسبب السعي الى تبسيط تكنولوجيا تصنيعها . وهذا يجبرنا ان نبحث عن مواد عازلة ، أكثر متانة وأكثر صمودا للحرارة وأقل ثمنا . فالاسلاك المعزولة بخيوط قطنية كانت تستخدم على نطاق واسع لتحضير ملفات المحولات والمكثات الكهربائية ، اما في الوقت الحاضر فقد حلت محلها اسلاك معزولة بالمينا المتينة والصامدة للحرارة ، او بشريط ورقي رقيق والخ . فمثلا تقل سماكة العازل الصامد للحرارة من المينا بمرتين الى ثلاث مرات ، اما الموصلية الحرارية لطبقة الميناء الرقيقة فهي أكبر بكثير مما هو عليه في العوازل الليفية . ولذلك ، يمكن أن توضع في مجارى المكثات الكهربائية او نوافذ قلوب المحولات ، ملفات مصنوعة من سلك نحاسي له مساحة أكبر للمقطع العرضي ، وكذلك يمكن رفع كثافة التيار ، لأن المينا الصامد للحرارة يسمح باحماء اكثر . ان كل ذلك يفسح المجال اما لزيادة القدرة مع الحفاظ على ابعاد المكنة الكهربائية والمحول وكتلتها ، واما لتخفيض الابعاد والكتلة والكلفة مع الحفاظ على نفس القدرة .

يحتوى عادة رمز الماركات لأسلاك اللف النحاسية على الحروف الاولى

مواصفات بعض انواع الاسلاك

الأبعاد (دون العازل) مم	الصمود ضد الحرارة، م	المواصفات العامة للسلك	ماركة السلك
٢,٤٤-٠,٠٢	١٠٥	نحاسي، مطلي بالمينا، صامد للك، مقطعه دائري	ПЭЛ
٠,٥٥-٠,٠٩	١٠٥	الومينيومي، نفس المواصفات، مقطعه دائري	ПЭА
٢,٤٤-٠,٠٢	١١٠	نحاسي، معزول بالمينا المتينة «فينيفلكس»	ПЭВ-1
٢,٤٤-٠,٥٧	١١٠	الومينيومي، نفس المواصفات، مقطعه دائري	ПЭВА-1
٢,٤٤-٠,٠٢	١١٠	نحاسي، معزول بطبقة سميكة من المينا المتينة «فينيفلكس»، مقطعه دائري	ПЭВ-2
٢,٤٤-٠,٥٧	١١٠	الومينيومي، نفس المواصفات، مقطعه دائري	ПЭВА-2
١,٥٦-٠,٠٦	١٢٠	نحاسي، معزول بمينا متينة من البولي اوريتان، مقطعه دائري	ПЭВТЛ-1
١,٥٦-٠,٠٦	١٢٠	نفس المواصفات ولكن بطبقة أسمك من المينا مقطعه دائري	ПЭВТЛ-2
٢,٤٤-٠,٠٦	١٣٠	نحاسي، معزول بمينا متينة وصامد للحرارة، مصنوع على اساس البولي اثيرات (بولي اثيلين تيرفتالات) مقطعه دائري	ПЭТВ
٢,٤٤-٠,٠٦	١٥٥	نحاسي، معزول بلك بولي اثيري مقطعه دائري	ПЭТ-155
×(٢,٨٣-٠,٥) (٨,٨-٢,١)×	١١٠	نحاسي، معزول بالمينا المتينة «فينيفلكس»، مقطعه مستطيل	ПЭВП
×(١,٩٥-٠,٥) (٨,٨-٢,١)×	١٣٠	نحاسي، معزول بمينا متينة وصامدة للحرارة، مقطعه مستطيل	ПЭТВП
٠,٥٥-٠,٠٢	١١٠	نحاسي، معزول بالمينا المتينة «فينيفلكس» مع طلاء اضافي يلين حراريا، ويلصق بالتسخين حتى ١٤٠-١٦٠° م، مقطعه دائري	ПЭВД

الأبعاد (دون العازل) مم	الصمود ضد الحرارة، م	المواصفات العامة للسلك	ماركة السلك
١,٥٦-٠,٥٥	١٠٥	نحاسي، معزول بمينا صامدة ضد اللك، وبطبقة واحدة من خيوط الحرير الطبيعي، مقطعه دائري	ПЭЛШО
١,٣-٠,٥٥	١٠٥	نحاسي معزول بمينا صامدة ضد اللك، وبطبقة واحدة من خيوط تركيبية (لافسان)، مقطعه دائري	ПЭЛЛО
١,٣-٠,٥٦	١٠٥	نحاسي، معزول بالمينا المتينة «فينيفلوكس» وبطبقة واحدة من خيوط تركيبية (لافسان)، مقطعه دائري	ПЭВЛО
٢,١-٠,٣٨	١٠٥	نحاسي، معزول بمينا صامدة اللك وبطبقة من الخيوط القطنية مقطعه دائري	ПЭЛБО
٥,٢-٠,٣١	١٥٥	نحاسي، معزول بطبقتين من الالياف الزجاجية الخالية من القلويات، مع تشريبها بلك صامد للحرارة مقطعه دائري	ПСД
×(٥,٥-٠,٩) (١٢,٥-٢,١)×	١٥٥	نفس الشيء، لكنه يزود بطلاء سطحي من اللك، مقطعه دائري	ПСД-Л
٢,١-٠,٣١	١٥٥	نفس الشيء، لكنه يزود بعازل أقل سماكة، مقطعه دائري	ПСДТ-Л
٥,٢-٠,٣٨	١٠٥	سلك نحاسي معزول بطبقتين من الخيوط القطنية، مقطعه دائري	ПБД
×(٥,٦-٠,٩) (١٥-٢,١)×	١٠٥	سلك الوميني معزول بطبقتين من الخيوط القطنية، مقطعه دائري	АПБД
٨-١,٣٥ ×(٧-١,١٨) (١٨-٤,١)×	١٨٠	سلك نحاسي معزول بطبقتين من الخيوط الزجاجية غير القلوية، المشربة بلك سليكوني عضوي، مقطعه دائري	ПСДК

الابعاد (دون العازل) مم	الصمود ضد الحرارة، م	المواصفات العامة للسلك	ماركة السلك
٢,١-٠,٣١ ×(٣,٥٣-٠,٩) (١٠-٢,١)×	١٨٠	نفس الشيء، ولكن عازله رقيق	ПСДКТ
٤,٨-١,٨١ ×(٥,١-١,١٦) (٧,٤-٤,١)×	١٥٥	سلك نحاسي معزول بطبقة واحدة من الياف الاسيستوس، الملتصقة على النحاس، والمشربة بلك صامد للحرارة، مقطعه دائري	ПДА
٥,٢-١,٢ ×(٥,٦-١) (١٩,٥-٣)×	١٠٥	سلك نحاسي معزول بشريط من ورق الكابلات، مقطعه دائري	ПБ
٨-١,٣٥ ×(٧-١,٨١) (١٨-٤,١)×	١٠٥	نفس الشيء ولكن السلك الالوميني	АПБ
×(٥,٦-١,٨) (١٩,٥-٦,٧)×	١٠٥	سلك نحاسي معزول بشريط من الورق المقوى للكابلات ذات الفلظية العالية، مقطعه دائري	ПБУ
×(٥,٥-١,٨١) (٢٢-٦,٩)×	١٠٥	نفس الشيء، ولكن السلك الالوميني	АПБУ

لأسماء المواد التي يتألف منها العازل ، وكذلك يمكن ان يحتوى على حروف وارقام تدل على عدد طبقات العازل ، ويضاف الحرف A الى رمز ماركات الأسلاك المصنوعة من الالومنيوم .

يبين الجدول ١ المواصفات الاساسية لأسلاك اللف الأكثر استخداما لاصلاح المحولات والمكثات الكهربائية .

وتستخدم في السنوات الاخيرة على نطاق واسع في الاتحاد السوفيتي وخارجه ، رقائق وشرائط من الالومنيوم والنحاس ، بمثابة مادة موصلة في ملفات المحولات التي تقل قدرتها من ٦٣٠ كيلو فولط أمبير ، مما يسمح

برفع معامل امتلاء حجم الملف بالمادة الموصلة ، وبالتالي بتقليص حجم المحول ووزنه و ثمنه .

وتصنع الرقائق النحاسية من النحاس ماركة M-1 ، بحيث لا تزيد مقاومته الكهربائية النوعية عن ٠,١٨٠ ميكروأوم في المتر ، ويكون تسامح سماكتها $\pm 3\%$. وتعادل سماكة الرقيقة من ٠,٠٣٥ - ٠,٠٦٥ مم ، وعرض البكرة ٧٠٠ ، ٨٥٠ و ١٠٠٠ مم . اما الشريط فيصنع بسماكة ٠,١ ، ٠,٠٨ ، ٠,٠٧٥ ، ٠,٠٥ ، ٠,٠٣٥ مم .

اما الشرائط والرقائق الالومينيومية فتصنع من الالومنيوم ماركة AE ، بحيث لا تزيد مقاومته الكهربائية النوعية عن ٠,٠٢٨ ميكرو أوم في المتر ، كما تعادل سماكة الرقيقة ٠,٠٢ - ٠,٢ مم وسماكة الشريط من ٠,٢٢ الى ٢ مم .

البند ١٢ - أسلاك التركيب وقضبان التوصيل

تستخدم عادة أسلاك تركيب خاصة ، من اجل اطراف مآخذ الملفات النحاسية للمحولات والمكثات الكهربائية ، يكون الجزء الموصل فيها مؤلفا من عدة اسلاك رفيعة ، ويتألف عازلها من عدة طبقات : وهنا تستخدم بشكل واسع اسلاك من الماركات التالية :

ПРГ - سلك مزود بعازل مطاطي محاط بنسيج قطنى ، مشرب بمادة مضادة للتعفن ، يصنع بمقطع من ٠,٧٥ حتى ٤٠٠ مم^٢ ، ويستخدم فى المكثات والمحولات التى لا يزيد صمود العازل حراريا فيها عن ١٠٥ °م ؛

ПВБЛ - سلك له عازل من المطاط المصنوع على اساس الكاوتشوك البوتيلى ، محاط بصفيرة من خيوط الالافسان ، ويمكن ان يغطى كل سلك رفيع بغشاء رقيق من البولى اتيل تيريفتالات سماكته اقل من ٠,٠٢ مم ؛ ويمكن ان يزود تحت الصفيرة او فوقها بغلاف من النسيج المطاطى ؛ وتصنع هذه الاسلاك بمقطع من ٢,٥ حتى ٥٠ مم^٢ ، وهى تستخدم فى المحولات والمكثات الكهربائية التى يجب ان تصمد عوازلها حتى الدرجة ١٠٥ °م ؛

ПВСК — سلك مزود بعازل من المطاط والليف الزجاجي ، يوضع في غلاف من المطاط المصنوع على اساس الكاوتشوك التريل الصامد ضد الزيوت ؛ ويمكن ان يزود السلك الناقل بغشاء رقيق تصل سماكته حتى ٠,٠٢ مم مصنوع من البولي اتيل تيريفتالات ، ويتراوح مقطع السلك من ٢,٥ حتى ٧٠ مم^٢ وهو يستخدم في المحولات والمكثات التي يصل صمود العازل فيها حتى ١٣٠°م ؛

РКГМ — سلك له عازل مصنوع من المطاط السيليكوني العضوى ، محاط بصفيرة من الالياف الزجاجية المشربة بالمينا او اللك الصامد للحرارة ؛ ويتراوح مقطعه من ٠,٧٥ حتى ١٢٠ مم^٢ وهو يستخدم في المحولات والمكثات التي يجب ان يكون صمود العازل حراريا فيها أقل من ١٨٠°م ؛

ЛПЛ — سلك مزود بعازل مصنوع من النسيج الحريري المحاط بصفيرة مشربة باللك ، ويكون مقطعه من ٠,٥ حتى ٦ مم^٢ وهو يستخدم بدرجات حرارة تصل حتى ١٠٥°م ؛

ПТЛ-200 — سلك يتألف موصله من عدة اسلاك رفيعة مقصودة ، وهو معزول بعدة طبقات من اللدائن الفلورية — ٤ التي تغطي بالليف الزجاجي ومن ثم باللك ؛ ويكون مقطعه من ٠,٣٥ حتى ٧٠ مم^٢ ، وهو يستخدم بدرجات حرارة تصل حتى ٢٠٠°م ، واذا سخن حتى ٢٥٠°م او عند حرقه فان العازل الفلورى يطلق غازات سامة .

وفي المكثات الكهربائية ومحولات القدرة الحاوية على ملفات مصنوعة من اسلاك الالومنيوم ، تستخدم عادة اسلاك للتركيب ذات عروق مصنوعة من الالومنيوم .

وغالبا ما تستخدم في اصلاح الملفات لمحولات القدرة والمكثات الكهربائية ، قضبان توصيل نحاسية او الومينيومية ذات مقطع دائري أو مستطيل الشكل . ويبين الجدول ٢ أبعاد هذه القضبان وأوزانها .

أبعاد قضبان التوصيل وأوزانها

وزن المتر الواحد، كغ		الابعاد، مم	وزن المتر الواحد، كغ		الابعاد، مم
للألومينيوم	للنحاس		للألومينيوم	للنحاس	

القضبان المسطحة

٠,٤	١,٣٤	٥×٣٠	٠,٠٨	٠,٢٩	٣×١٠
٠,٥٤	١,٧٨	٥×٤٠	٠,١	٠,٣٢	٣×١٢
٠,٦٨	٢,٢٥	٥×٥٠	٠,١٢	٠,٤	٣×١٥
٠,٨١	٢,٦٧	٥×٦٠	٠,١٦	٠,٥٣	٣×٢٠
٠,٨٦	٢,٨٤	٥×٨٠	٠,٢	٠,٦٧	٣×٢٥
٠,٨١	٢,٦٧	٦×٥٠	٠,٢٤	٠,٨	٣×٣٠
٠,٩٧	٣,٢	٦×٦٠	٠,٣٢	١,٠٧	٣×٤٠
١,٣	٤,٢٧	٦×٨٠	٠,١١	٠,٣٧	٤×١٠
١,٦٢	٥,٣٤	٦×١٠٠	١,١٣	٠,٤٣	٤×١٢
١,٣	٤,٢٧	٨×٦٠	٠,١٨	٠,٥٣	٤×١٥
١,٧٣	٥,٧	٨×٨٠	١,٢٢	٠,٧	٤×٢٠
٢,١٦	٧,١٢	٨×١٠٠	٠,٢٧	٠,٨٩	٤×٢٥
٢,٦	٨,٥٤	٨×١٢٠	٠,٣٢	١,٠٧	٤×٣٠
٢,١٦	٧,١٢	١٠×٨٠	٠,٤٣	١,٤٢	٤×٤٠
٢,٧	٨,٩	١٠×١٠٠			
٣,٢٤	١٠,٦٨	١٠×١٢٠			
٣,٨٨	١٢,٨	١٢×١٢٠			

القضبان المستديرة

٠,٣١	١,٠٢	١٢	٠,٠٨	٠,٢٥	٦
٠,٥٤	١,٨١	١٦	٠,١٤	٠,٤٥	٨
٠,٨٥	٢,٨٢	٢٠	٠,٢١	٠,٧١	١٠

البند ١٣ - نحاس الموحدات . الفراشى (الفحم الكهربائى)

تصنع صفائح التوحيد فى موحدات الممكنات الكهربائية العاملة بالتيارين المتناوب والمستمر ، من الشرائط النحاسية المدرفلة بمقطع عرضى معين . ويتم عادة انتاج هذه الشرائط بطول ١,٥ م وأكثر وبمختلف المقاطع القياسية . وينفذ المقطع العرضى لنحاس التوحيد بحيث تشكل صفائح التوحيد المصنوعة منه عند التجميع موحدًا دائريًا .

وفى السنوات الاخيرة يستخدم لتصنيع صفائح التوحيد نحاس يحتوى على الكاديوم الذى يرفع المتانة الميكانيكية للنحاس ويساهم فى انقاص تولد الشرر اثناء عمل الموحد .

وتستخدم الفراشى لايصال التيار وسحبه من الموحدات وحلقات التماس فى الممكنات الكهربائية . ومن المواد الاساسية التى تصنع منها الفراشى نذكر الغرافيت والفحم والهاباب والكوك والراتنج ومسحوق النحاس . ويجب ان تمتاز الفراشى بموصلية كهربائية وحرارية كافيتين ، وكذلك يجب ان تتمتع بصمود كيميائى جيد .

وتقسم الفراشى المصنوعة الى ٤ مجموعات : فحمية - غرافيتية (T) ، وغرافيتية (Γ) ، وكهربائية غرافيتية (ЭГ) ، ونحاسية - غرافيتية (M) ، (MFC ، MΓ) ، وهى تتمتع بخواص وموصفات مختلفة تبعًا لموادها وتكنولوجيا تصنيعها ، هذا بالإضافة الى ان الفراشى ذات ابعاد قياسية مختلفة . ان الاختيار الصحيح لماركة الفراشى ذو اهمية كبيرة ، لأنه يؤثر الى حد كبير على ضمانية عمل المكنة الكهربائية وخاصة ذات الموحد . ويورد الجدول ٣ مواصفات لبعض ماركات الفراشى الكثيرة الاستخدام ، ومجالات استخدامها .

البند ١٤ - المونة والصهور

تستخدم لوصل النواقل النحاسية والالومينية بلحام المونة ، مركبات معدنية خاصة تدعى بالمونة التى تقسم تبعًا لدرجة حرارة انصهارها ومتانتها الميكانيكية الى مونة سهلة الانصهار (طرية) وصعبة الانصهار (صلدة) . فالمونة اثناء

مواصفات بعض ماركات الفراشى المستخدمة فى المكنات الكهربائية

ماركة الفراشى	كثافة التيار، أمبير/سم ^٢	الهبوط الانتقالى للفلطة، فولط	الضغط النوعي، نيوتن/سم ^٢	السرعة المحيطة م/ثا	مجال الاستخدام
T2 T6	٦	٢	٢-٢,٥	١٠	للمكنات الضخمة (اعلى من ٢٠٠ كيلوواط) بالتوتر حتى ١٠٠٠ فولط، والتحميل الهادئ (ظروف تبديل متوسطة)
Г1	٧	٢,٢	٢-٢,٥	١٢	للمكنات غير الكبيرة (اقل
Г3	١١	١,٩	٢-٢,٥	٢٥	من ١٠ كيلوواط) بالتوتر اقل
611M	١٢	٢	٢-٢,٥	٤٠	من ٥٠٠ فولط، والتحميل الهادئ (ظروف تبديل سهلة)
ЭГ4	١٢	٢	٢-١,٥	٤٠	للمكنات بقدرة من ١٠ حتى
ЭГ8	١٠	٢,٤	٢-٤	٤٠	٢٠٠ كيلوواط وأكثر والتوتر
ЭГ71	١٢	٢,٢	٢-٢,٥	٤٠	حتى ١٠٠٠ فولط وبظروف
ЭГ74	١٥	٢,٧	٢,٥-١,٧٥	٥٠	تبديل متوسطة وصعبة، وكذلك لحلقات التماس
M1	١٥	١,٥	٢-١,٥	٢٥	للمولدات المنخفضة الفلطة
M3	١٢	١,٨	٢-١,٥	٢٠	(اقل من ٤٨ فولط) وكذلك
M6	١٥	١,٥	٢-١,٥	٢٥	لحلقات التماس
M20	١٢	١,٤	٢-١,٥	٢٠	للمولدات المنخفضة الفلطة
МГ	٢٠	٠,٢	٢,٣-١,٨	٢٠	(أقل من ٤٨ فولط) ولحلقات
МГ2	٢٠	٠,٥	٢,٣-١,٨	٢٠	التماس
МГ4	١٥	١,١	٢-٢,٥	٢٠	
МГ64	٢٥	٠,٥	٢-١,٥	٢٥	
МГC5	١٥	٢	٢-٢,٥	٣٥	

مواصفات بعض انواع المونة الطرية

الماركة	التركيب، النسبة المئوية للكتلة	درجة حرارة الانصهار، م°	اجهاد التحطم للشد نيوتن/سم ^٢	مجال الاستخدام
ПОС-90	قصدير - ٩٠، انتيمون - أقل من ١٥، ٠، شوائب - أقل من ٢٣، ٠، الباقي رصاص	٢٢٢	٤٣	لحام الاسلاك النحاسية والموحدات، عندما يحتاج الامر الى موصلية كهربائية عالية، وسيلة المونة
ПОС-61	قصدير - ٦١، انتيمون - أقل من ٨، ٠، شوائب أقل من ٢٥، ٠، الباقي رصاص	٢٣٠	٧٠-٦٠	لحام الاسلاك النحاسية ذات المقطع الصغير والموحدات
ПОС-40	قصدير - ٤٠، انتيمون - ٢، شوائب - أقل من ٢٥، ٠، الباقي رصاص	٢٣٥	٣٢	لحام الاسلاك النحاسية للملفات
ПОС-30	قصدير - ٣٠، انتيمون - أقل من ٢، ٠، شوائب - أقل من ٣، ٠، الباقي رصاص	٢٥٦	٣٣	لحام اطراف الاسلاك النحاسية عند الكثافات القليلة للتيار
ПОС-18	قصدير - ١٨، انتيمون - أقل من ٢، ٠، شوائب - أقل من ٣، ٠، الباقي رصاص	٢٧٧	٢٨	نفس الشيء
ПСр-2	فضة - ٢، قصدير - ٣٠، كادميوم - ٥، الباقي رصاص	٢٣٥	٣٨	لحام المنتجات المصنوعة من النحاس والبرونز والفولاذ والنحاس الاصفر
ПСр-2,5	فضة - ٢,٥، قصدير - ٥,٥، رصاص - الباقي	٣٠٥	٣٦	لحام الاجزاء المصنوعة من النحاس والبرونز والنحاس الاصفر
ПОССр-15	قصدير - ١٥، زنك - ٠,٦، فضة - ١,٢٥، رصاص - الباقي	٢٧٦	-	نفس الشيء
Авиа-1	قصدير - ٥٥، كادميوم - ٢٠، زنك - ٢٥	٢٠٠	٧٠	لحام المونة للالومنيوم

الماركة	التركيب، النسبة المئوية للكتلة	درجة حرارة الانصهار، م°	اجهاد التحطيم للشد نيوتن/سم ^٢	مجال الاستخدام
Авиа-2	قصدير - ٤٠، كاديوم - ٢٠، زنك - ٢٥، الومنيوم - ١٥	٢٥٠	٧٢	لحام المونة للالومنيوم عند الحاجة الى السيولة العالية للمونة

مواصفات لبعض انواع المونة الصلدة

الماركة	التركيب، بالوزن	درجة حرارة الانصهار، م°	اجهاد التحطيم للشد، نيوتن/سم ^٢	مجال الاستخدام
ПМЦ-36	نحاس - ٣٦، زنك - الباقى	٨٢٥	٢٠٠	لحام المونة للبرونز والنحاس الاصفر بدرجة م°٩٥٠
ПМЦ-54	نحاس - ٥٤، زنك - الباقى	٨٨٠	٢٦٠	لحام النحاس الاصفر والبرونز والفولاذ، بدرجة م°٩٨٠
ПСр-70	فضة - ٧٠، زنك - ٤، نحاس - الباقى	٧٣٠	٣٥٠	لحام الملفات المهمة والمصنوعة من النحاس، عند الحاجة لتأمين موصلية كهربائية عالية للوصلة اللاحامية؛ لحام النحاس الاصفر والبلاطين والتنجستين بدرجة م°٧٥٥
ПСр-45	فضة - ٤٥، زنك - ٢٥، نحاس الباقى	٧٢٠	٣٠٠	نفس ما ورد بالنسبة للمونة ПСр-70 بالاضافة الى لحام الاجزاء المصنوعة من الفولاذ عديم الصدأ، درجة حرارة اللحام م°٧٨٠
МФ-1	فوسفور - ٨٥، ١٠ - نحاس - الباقى	-٧٢٥ ٨٥٠-	١٨٠	لحام الملفات النحاسية للاعضاء الدوارة والساكنة، وتفريعات المحولات

اللحام تكون في حالة الانصهار المائعة ، حيث تبلل سطح الموصلين المراد لحامهما ، فتملاً المسام في مكان الاتصال وتخترق الموصلين المراد لحامهما (تنتشر) . وبعد تجمد المونة تتشكل طبقة الوصل الانتقالية بين السلكين الموصلين .

ومن انواع المونة الطرية السهلة الانصهار نذكر المونة القصديرية - الرصاصية الحاوية على الانتيمون بالاضافة الى القصدير والرصاص . وهذه الانواع من المونة تضمن تماسا كهربائيا جيدا بين النواقل المراد وصلها ، غير ان المتانة الميكانيكية ليست كبيرة . ويبين الجدول ٤ المواصفات الفنية لبعض انواع المونة الطرية الكثيرة الاستخدام في أعمال الإصلاح .

ومن انواع المونة الصلدة والصعبة الانصهار نذكر المونة الفضية والمونة النحاسية - الزنكية ، والنحاسية - الفوسفورية ، وهي تضمن متانة ميكانيكية عالية لوصلة اللحام . ويورد الجدول ٥ مواصفات لبعض الانواع من المونة الصلدة .

هناك مواد خاصة هي الصهورات (fluxes) تستخدم لتنظيف السطوح المراد لحامها بالمونة او باللحام العادي ، من الاوساخ والاكاسيد ، وكذلك لتجنب تأكسدها اثناء اللحام . وتتمتع الصهورات ، في حالة انصهارها ، بقابلية حل اكاسيد المعادن ، وكذلك زيادة تبلل السطوح المراد وصلها بالمونة المنصهرة ، وهكذا تزيد الصهورات من متانة اللحام بالمونة .

عند لحام وتبييض الاجزاء النحاسية الناقلة للتيار ، بمونة رصاصية - قصديرية ، تستخدم القلفونية الصلبة بمثابة صهور ، وكذلك القلفونية المذابة في البترين او الكحول الاتيلي .

وعند استخدام المونة الفضية والمونة النحاسية - الفوسفورية الصلبة ، يستخدم المسحوق المحمص للبورق كمادة صهورة . وبما ان البورق شهى للماء ، لذا يجب حفظه في اناء زجاجي مغلق بسدادة محكمة .

يبين الجدول ٦ تركيب بعض الصهورات المعقدة ومجالات استخدامها عند اللحام بالمونة الصعبة الانصهار ، كما يبين الجدول ٧ تركيب بعض الصهورات المنتشرة في استخدامها عند اللحام بالمونة لأسلاك الالومنيوم .

بعض أنواع الصهورات المستخدمة في لحام المونة الصلدة

التركيب، النسبة المئوية كتليا	مجال الاستخدام
بورق محمص بورق مصهور - ٢١، أنهيدريد البور - ٦٥، فلور الكالسيوم - ١٤ أنهيدريد البور - ٣٥، فلور البوتاسيوم ٤٢، فلور يورات البوتاسيوم - ٢٣ بورق - ٥٨، حمض البوريك - ٤٠، كلور الكالسيوم - ٢	لحام المونة للأسلاك والقضبان النحاسية. ويجب إزالة بقايا الصهور لحام الاسلاك والقضبان النحاسية بمونة نحاسية نفس ماورد عند اللحام بالمونة الفضية لحام القضبان النحاسية بمونة فضية ومونة من النحاس والزنك

تركيب بعض الصهورات المستخدمة في لحام اسلاك الالومنيوم

التركيب، النسبة المئوية كتليا						الماركة
كلوريد البوتاسيوم	كلوريد الصوديوم	كلوريد الباريوم	كلوريد الليثيوم	فلوريد الصوديوم	كريوليت ماركة K-1	
٤٥	٢٠	٢٠	—	١٥	—	KM-1
٥٠	٢٨	—	١٤	٨	—	AΦ-4A
٥٠	٣٠	—	—	—	٢٠	ВАНИ

ملاحظة : تصنع الصهورات الواردة في الجدول على شكل معجون صلب ، ولهذا الغرض
تصب كمية من الماء من ٣٠ - ٣٥ غرام لكل ١٠٠ غرام من الصهور المسحوقى .

البند ١٥ - الفولاذ الكهربائى

تصنع عادة قلوب الموصلات المغناطيسية فى المكنات والمحولات
الكهربائية من الفولاذ الكهربائى الصفائحى الذى يتم تحضيره على شكل

بكرات وصفائح وشرائح مقصوصة ، وتنتج الصناعة أكثر من ٣٠ ماركة منه . وتقسم انواع الفولاذ الكهربائي ، من حيث شكل الدرفلة والحالة البنيوية ، الى ثلاثة أصناف : ١ - الفولاذ الكهربائي المدرفل على الساخن ، والايزوتروبي (الذى يتمتع بخواص مغناطيسية واحدة فى جميع الاتجاهات) ؛ ٢ - الفولاذ المدرفل على البارد والايزوتروبي ؛ ٣ - الفولاذ المدرفل على البارد وغير الايزوتروبي (يتمتع بخواص مغناطيسية مختلفة تبعا لاتجاه المغنطة) . ويضاف السيليسيوم فى تركيب الفولاذ الكهربائي لتحسين خصائصه . وتبعا لمحتوى السيليسيوم يقسم الفولاذ الكهربائي الى ست مجموعات : المجموعة صفر تحتوى على اقل من ٠,٤٪ من السيليسيوم (فولاذ غير سبائكى) ؛ والمجموعة ١ تحتوى من ٠,٤ حتى ٠,٨٪ من السيليسيوم ؛ والمجموعة ٢ تحتوى من ٠,٨ حتى ١,٨٪ من السيليسيوم ، والمجموعة ٣ تحتوى من ١,٨ حتى ٢,٨٪ ؛ والمجموعة ٤ تحتوى من ٢,٨ حتى ٣,٨٪ من السيليسيوم ، والمجموعة ٥ تحتوى من ٣,٨ حتى ٤,٨٪ من السيليسيوم . وتتمتع انواع الفولاذ الحاوية على نسبة عالية من السيليسيوم ، بضياى اقل على التيارات الدوامية والتخلف المغناطيسى كما وتتميز بنفاذية مغناطيسية عالية فى المجالات المغناطيسية الضعيفة والمتوسطة . أما انواع الفولاذ الحاوية على نسبة منخفضة من السيليسيوم فهى تمتاز بضياى اكبر للطاقة عند اعادة التمغنط ، غير انها تتمتع بحث (تحرىض) أعلى للاشباع .

وتقسم انواع الفولاذ الكهربائي الى خمس مجموعات تبعا للمواصفة التى تؤخذ كمحدد : فبالنسبة للمجموعة صفر يحدد الفقدان النوعى عندما يكون الحث المغناطيسى ١,٧ وتردد اعادة التمغنط ٥٠ هرتز ؛ وللمجموعة ١ يحدد الفقدان النوعى عندما يكون الحث ١,٥ تسلا والتردد ٥٠ هرتز ؛ وللمجموعة ٢ يحدد الفقدان النوعى عندما يكون الحث ١ تسلا والتردد ٤٠٠ هرتز ؛ وللمجموعة ٦ يحدد الحث فى المجال المغناطيسى الضعيف (عندما تكون شدة المجال ٠,٤ أمبير متر) ؛ وللمجموعة ٧ يحدد الحث فى المجالات المغناطيسية المتوسطة عندما تكون شدة المجال ١٠ أمبير متر .

يحتوى رمز الماركة للفولاذ الكهربائي الصفائح على اربعة أرقام حيث

يدل الرقم الاول على صنف الفولاذ فيما يتعلق بنوع الدرفلة والحالة البنيوية ، ويدل الرقم الثانى على نسبة السيليسيوم ، والرقم الثالث يدل على المجموعة المعينة على اساس الصفة المحددة للفولاذ . والارقام الثلاثة الاولى تعنى نمط الفولاذ بينما يدل الرقم الرابع على رقم التسلسل لهذا النمط .

وتنتج الصناعة فولاذا كهربائيا صفيحيا بسمك مختلف أى من ١,٠ حتى ١ مم (حسب التدرج القياسى للسماكة) .

وتتحدد الخواص المغناطيسية للفولاذ عادة بمنحنيات التمغنط أو بجداول خاصة . هذا ويتم تحديد فقدان الطاقة والذي قد ينجم عن اعادة التمغنط للفولاذ ، حسب مقدار الفقدان النوعى ، أى بمقدار ذلك الفقدان الذى يعادل لكل ١ كغ من الفولاذ ، عند تردد معين لاعادة التمغنط ، مثلا ٥٠ هرتز ، وعندما يكون التوتر (الفلطية) جييا .

وتنتج الصناعة الفولاذ الكهربائى الصفائحى مطليا بعازل كهربائى (صامد للحرارة او غير صامد) او غير مطلى بعازل .

وما زال يستخدم الفولاذ الكهربائى المدرفل على الساخن فى الوقت الحاضر اكثر من غيره لتصنيع قلوب الموصلات المغناطيسية للمكنات الكهربائية ذات القدرة المنخفضة والمتوسطة .

وفى الوقت الحاضر تصنع الموصلات المغناطيسية للمحولات فقط من الفولاذ الكهربائى المدرفل على البارد ، حيث انه يمتاز على الفولاذ المدرفل على الساخن بفقدان نوعى اقل وبنفاذية مغناطيسية عالية . وقد أدى استخدام الفولاذ الكهربائى المدرفل على البارد الى رفع مدلولات الطاقة للمحولات المصنوعة (المردود و $\cos \varphi$) ، والى انقاص أبعادها ووزنها .

اسئلة للمراجعة

- ١- اذكر ماركات اسلاك الملفات واسلاك التركيب ، وعدد مجالات استخدامها .
- ٢- اذكر مجالات استخدام المونة الطرية والصلدة وما هو الفرق بينهما ؟
- ٣- لماذا تستخدم الصهورات عند لحام المونة ؟ وما هى المونة التى تستخدم عادة عند لحام الاسلاك النحاسية بالمونة الطرية ؟
- ٤- ما هى اصناف الفولاذ الكهربائى التى تعرفها ؟ وما هو الفرق بينها ؟ وما هو مجال الاستخدام لكل صنف من هذه الاصناف ؟

٥ - كيف تحدد ماركات الفولاذ الكهربائي الصفيحي ؟ وماذا تعنى الارقام الواردة فى رمز ماركة الفولاذ ؟

٦ - لماذا يفضل الفولاذ المدرفل على البارد عند تصنيع الموصلات المغناطيسية للمحولات ؟

الباب الرابع :

المواد العازلة

البند ١٦ - تصنيف المواد العازلة كهربائيا والغاية منها

تقوم المواد العازلة كهربائيا بعزل اجزاء المعدات الواقعة تحت تأثير الفلطية الكهربائية (التوتر الكهربائي) . وتتمتع العوازل بمقاومة كهربائية أكبر بكثير (بعدة آلاف المرات) مما هو عليه فى الموصلات ، اى انها لا تمرر التيار الكهربائي عمليا .

تقسم العوازل الى صلبة وسائلة وغازية . وبما أن العوازل الصلبة متنوعة فانها تنقسم بدورها الى عدة مجموعات فرعية وذلك تبعا لتركيبها الكيميائي وبنيتها وخصائصها الاخرى .

وتحافظ المواد العازلة على خواصها حتى فى مجالات كهربائية قوية ، اى انها تتمتع بخواص عزل جيدة . غير انه اذا كانت شدة توتر المجال الكهربائي تفوق حد المتانة الكهربائية للعازل ، فانه يحصل الخرق ، اى تحطم العازل ، مما يؤدي الى فقدانه خواص العزل الكهربائي فى مكان الاختراق . فالفلطية (التوتر) التى يحصل عندها اختراق العازل ، تدعى بفلطية الاختراق ، كما وتدعى القيمة المطابقة لشدة توتر المجال الكهربائي بالمتانة الكهربائية للعازل .

وتقسم العوازل من حيث تركيبها الكيميائي الى عضوية وغير عضوية . ومن أكثرها صمودا للحرارة ، اى القادرة على الحفاظ على خواصها العازلة عند الاحماء ، هى العوازل غير العضوية (الميكاف ، والاسبستوس وغيرهما) . ويجب ان تتمتع المواد العازلة كهربائيا ، بالاضافة الى المتانة الكهربائية ،

بتلك الخواص التي تضمن عملها لمدة طويلة في المحولات والمكثات الكهربائية ، وبالدرجة الاولى هي الصمود ضد الاحماء ، والمتانة الميكانيكية والمرونة والصمود ضد الزيت والرطوبة ، كما ويجب ان تتوفر فيها عند الضرورة خواص الصمود الكيميائي والصمود ضد الصقيع ، وغير ذلك .

ان خاصية الصمود ضد الحرارة هي مقدرة المادة العازلة على تنفيذ مهامها تحت تأثير درجة الحرارة العاملة . وذلك خلال الزمن الذي يمكن مقارنته مع المدة المحسوبة للاستثمار الطبيعي للمعدات الكهربائية ، التي تستخدم فيها المادة العازلة المعطاة .

وتقسم المواد العازلة حسب صمودها ضد الحرارة الى سبعة اصناف (الجدول رقم ٨) .

غالبا ما تستخدم المواد العازلة من الصنف A في المكثات الكهربائية السابقة الصنع ، وكذلك في المحولات ، بحيث يجب أن لا ترتفع درجة الاحماء الحدية لهذا الصنف من العوازل عن ١٠٥° م . بينما تستخدم بشكل واسع في المكثات الكهربائية العصرية المواد العازلة من الاصناف E ، B ، F ، H الصامدة للحرارة .

البند ١٧ - المواد العازلة اللبيفية

تستخدم في المكثات الكهربائية والمحولات المواد اللبيفية التالية :
الخيوط القطنية والحريرية والاصطناعية (لافسان) والغزل والنسيج ، وكذلك انواع مختلفة من الكرتون والورق مصنوعة من الياف الخشب والقطن بعد معالجتها كيميائيا ، وكذلك الكرتون الكهربائي (العازل كهربائيا) ونذكر منها بصورة خاصة ورق الكابلات وورق الهاتف والورق المقوى وكذلك الكرتون الكهربائي .

ورق الكابلات من الماركات K-080 ، K-120 ، K-170 ،
وتنتجه الصناعة على شكل بكرات بعرض ٥٠٠ ، ٦٥٠ و ٧٥٠ مم ، وبسماكة ٠,٠٨ : ٠,١٢ ؛ ٠,١٧ مم . وتعادل المتانة الكهربائية للورق الجاف ٧ - ٩

صمود المواد العازلة ضد الحرارة

صنف المواد حسب الصمود ضد الحرارة	درجة الحرارة، °م*	مواصفات المواد العازلة، الموافقة للصنف المعنى حسب صمود ضد الحرارة **
١	٢	٣
Y	٩٠	المواد الليفية من السليلوز والقطن والحرير، غير المشربة او غير الغاطسة في مادة عازلة سائلة، وكذلك المواد الاخرى المطابقة لهذا الصنف ومركبات اخرى من المواد
A	١٠٥	المواد الليفية من السليلوز والقطن والحرير، المشربة او الغاطسة في مادة عازلة سائلة، وكذلك المواد الاخرى المطابقة لهذا الصنف ومركبات اخرى من المواد
E	١٢٠	بعض الاغشية العضوية التركيبية، وكذلك المواد الاخرى المطابقة لهذا الصنف، ومركبات اخرى من المواد
B	١٣٠	المواد المصنوعة على اساس الميكا (بما في ذلك على اساس المواد العضوية)، والاسبستوس والالياف الزجاجية، المستخدمة مع مواد عضوية للربط او للتشريب، وكذلك المواد الاخرى المطابقة لهذا الصنف، ومركبات اخرى من المواد
F	١٥٥	المواد المصنوعة على اساس الميكا والاسبستوس والالياف الزجاجية، تستخدم سوية مع المواد الاصطناعية للربط او التشريب؛ وكذلك المواد الاخرى المطابقة لهذا الصنف، ومركبات اخرى من المواد

* لقد اعتمدت درجات الحرارة الواردة في الجدول على انها درجات حدية مسموح بها عند استخدام المواد العازلة لمدة طويلة (خلال عدة سنوات) في المكنات الكهربائية والمحولات والاجهزة العاملة في ظروف استثمار طبيعية .

يجب أن لا ترتفع درجات الحرارة في أسخن مكان من العازل عن درجات الحرارة الحدية المسموح بها عند عمل المعدات بالنظام المقدر .

** يسمح باستخدام المشترك مع المواد العازلة من هذا الصنف ، مواد عازلة مأخوذة من الاصناف السابقة ، على شرط انه يجب ان لا تتغير الخواص الميكانيكية والكهربائية للعازل المركب ، بحيث تجعل العازل غير صالح للاستثمار خلال فترة طويلة .

١	٢	٣
H	١٨٠	المواد المصنوعة على اساس الميكا والاسبستوس والالياف القطنية، تستخدم سوية مع المواد العضوية السليكونية للربط او التشريب، وكذلك المواد الاخرى المطابقة لهذا الصنف، ومركبات اخرى من المواد
C	اعلى من ١٨٠	الميكا، السيراميك، الزجاج، الكوارتز، وهي تستخدم بدون مواد ربط او مع مواد رابطة غير عضوية او مع مواد رابطة تحتوى على عنصر عضوى، وكذلك المواد الاخرى المطابقة لهذا الصنف، ومركبات اخرى من المواد

كيلوفولط/مم ، وللورق المشرب بزيت المحولات ٧٠ - ٩٠ كيلوفولط/مم ، أما الكتلة الحجمية لورق الكابلات فتبلغ ٠,٨ غرام/سم^٣ .

ويستخدم ورق الكابلات بين الطبقات فى ملفات المحولات والمكثات الكهربائية ، وكذلك لتصنيع مختلف الاجزاء العازلة كهربائيا .

ورق الهاتف ماركة KT-04 و KT-05 ، تنتجه الصناعة بسماكة ٠,٠٤ و ٠,٠٥ مم على شكل بكرات عرضها ٥٠٠ مم . وتعادل كثافته النوعية ٠,٨ غرام/سم^٣ ، ويستخدم لعزل اللفات فى الملفات ، وبصفة عازل بين طبقات الملفات .

الورق المقوى ماركة ЭКТ ، تنتجه الصناعة على هيئة شريط عرضه ١٢ ، ١٥ ، ٢٠ ، ٢٥ ، ٣٠ ، ٤٠ مم ، وكذلك على هيئة بكرات عرضها ٥٠٠ ، ٦٥٠ و ٧٥٠ مم . ويمكن ان يزداد طول الورقة الاولى بمقدار ٦٥ - ٧٠٪ ، بسبب تواجد التبعيدات العرضية . وتعادل المتانة الكهربائية ١٥ كيلوفولط/مم ، والكثافة النوعية ٠,٢٣ غرام/سم^٣ .

الكرتون العازل كهربائيا ماركة A ، B ، Б ، Г مخصص للاجهزة المملوءة بالزيت ، ولذا يعتبر كمادة أساسية لعزل بعض الاقسام فى المحولات المملوءة بالزيت . ومن حيث صمود الكرتون للحرارة فانه ينتمى الى الصنف

A (١٠٥°م) . وتعلق المتانة الكهربائية للكربون بسماكته وهي تعادل في الهواء ٧-١٥ كيلوفولط/مم ، اما في زيت المحولات الساخن (عند الدرجة ٩٠°م) وبعد التجفيف الاولى بالتفريغ والاشراب بزيت المحولات الجاف عند درجة (١٠٠ ± ٥°م) فان المتانة الكهربائية تصبح من ٣٠ الى ٥٥ كيلوفولط/مم . وتعادل الكتلة الحجمية حوالى ١ غرام/سم^٣ . ويخصص الكربون الكهربائي ماركة A لتحضير اجزاء العازل الرئيسى فى المحولات المملوءة بالزيت والعاملة بفلطية تصل حتى ٧٥٠ كيلوفولط . وهو يصنع بسماكة ٢-٢,٥ ، ٣ مم وقياس اللوح : ٤٠٠٠×٢٠٠٠ ، ٢٠٠٠×٣٠٠٠ ، ١٠٠٠×١٥٠٠ ، ١٠٠٠×١٠٠٠ مم (يعادل البعد الثانى قياس الاتجاه الطولى للألياف) .

يتميز الكربون الكهربائي B بصلادة متوسطة ، وبمواصفات كهربائية عالية ، ويستخدم لتصنيع اجزاء العازل الرئيسى فى المحولات المملوءة بالزيت والعاملة لفلطية تصل حتى ٢٢٠ كيلوفولط ، ويصنع بسماكة ١ ، ١,٥ ، ٢ ، ٢,٥ ، ٣ ، ٤ ، ٥ ، ٦ مم بنفس الابعاد لالواح الكربون ماركة A.

ويتمتع الكربون الكهربائي ماركة B بصلادة عالية وهو ضعيف الانضغاط ، ويخصص لتحضير اجزاء العزل الطولية فى المحولات المملوءة بالزيت . وهو يصنع بنفس الابعاد للالواح والسماكات مثل الماركة A . اما الكربون الكهربائي ماركة Γ فيتمتع بمقاومة عالية للانفصال الى طبقات ، ويعتبر اساسا لتصنيع الاجزاء العازلة الملصقة فى المحولات المملوءة بالزيت . وهو يصنع بسماكة ٠,٥ ، ١ ، ١,٥ ، ٢,٥ و ٣ مم . وابعاد اللوح هي : للسماكة ١ مم تعادل ١١٠٠×٨٥٠ ، ١٠٠٠×٨٥٠ ، ٨٥٠-٨٥٠ مم ، وللسماكة التى تفوق ١ مم تعادل ٣٨٥٠×١٨٥٠ ، ٣٨٠٠×١٦٥٠ ، ١١٠٠×٨٥٠ ، ١٠٠×٨٥٠ ، ٨٥٠-٨٥٠ مم . وتنتج الصناعة الكربون ماركة Γ بسماكة ٠,٥ مم على شكل بكرات عرضها ٩٨٠-١٢٥٠ مم .

البند ١٨ - المواد العازلة الغشائية

ان المواد العازلة الغشائية عبارة عن أغشية رقيقة ومرنة (من ٣٠ حتى ٣٥٠ ميكرون) . تتمتع عادة بمرونة كبيرة ومقاومة للحرارة والرطوبة ، كما وتمتاز بالمتانة الكهربائية .

تنتج العوازل الغشائية عادة من عوازل اصطناعية بوليميرية . ويؤدي استخدام المواد العازلة الغشائية لعزل المجارى فى المكنات الكهربائية ، الى انقاص سماكة العازل ، وبالتالي الى انقاص كتلة المكنات الكهربائية وأبعادها . وأكثرها انتشارا هى اغشية مصنوعة من البولى اميدات والبولى فينيل كلوريد والبولى تريفلور ايتيلن . مع العلم بان الأغشية المصنوعة من البولى أميد تتميز بمقاومة عالية للحرارة (١٢٠°م) ، والأغشية المصنوعة من البولى فينيل كلوريد تتمتع بالمرونة والصمود أمام الزيت والمواد الحائلة ، واغشية بولى تريفلور ايتيلن تتمتع بعدم اشتعالها ومتانتها العالية . وتعادل الكثافة النوعية للأغشية ٠,٠١ - ٠,٠٤ غرام/سم^٣ .

البند ١٩ - الانسجة العازلة للكهرباء المشربة باللك

ان الانسجة العازلة المشربة باللك (اللكر أو الورنيش) هى عبارة عن مواد مرنة تتألف من قماش قطنى او حريرى او قماش من النايلون أو قماش زجاجى ، مشرب باللك او باى مركب سائل آخر عازل للتيار الكهربائى . وهكذا ، فان اللك أو مركب التشريب الآخر ، يشكل عند تجمده غشاء رقيقا يضمن خواص العزل لدى هذه الانسجة المشربة .

تقسم الانسجة المشربة باللك تبعا لنوع النسيج الاساسى الى انسجة قطنية وحريرية ونايلونية وزجاجية . وتستخدم للتشريب مواد مثل اللك الزيتى واللك الزيتى - الزفتى ، واللك العضوى السليكونى وكذلك المينا العضوى السليكونى ومحاليل الكاوتشوك السليكونى العضوى ، وغيرها .

وتتمتع الأنسجة الحريرية والنايلونية بأعلى مرونة وقابلية للشد ، غير انها مثل الانسجة القطنية لا تصمد لدرجة حرارة تفوق ١٠٥ °م (صنف

الصمود للاحماء هو الصنف A) . بينما الانسجة الزجاجية المشربة باللك تتمتع بصمود اعلى للحرارة : فاذا تشربت باللك الزيتي-الزفتي (ЛСБ) مثلا ، فانها تستطيع ان تعمل بتسخين حتى ١٣٠° م ، واذا تشربت بالمركب العضوى السليكونى فانها تصمد حتى ١٨٠° م ، كما وتتمتع الانسجة الزجاجية بمقاومة كبيرة للرطوبة .

تستخدم الانسجة المشربة باللك لعزل الملفات والمجارى بعازل مرن ، ولعزل الاقسام الجبهية لملفات المكثات الكهربائية ، ولعزل الملفات والاجزاء الموصلة للتيار فى المحولات ، وبمثابة تساميك متنوعة عازلة وغيرها . وعند القيام بعزل العناصر الموصلة للتيار ذات الشكل غير المنتظم ، تستخدم الانسجة المشربة باللك بعد قصها على شكل اشربة .

ويتم تصنيع الانسجة المشربة باللك ، بعرض ٧٠٠ - ١٠٠٠ مم على هيئة بكرات تحتوى على ٤٠ - ١٠٠ متر من النسيج . وبالإضافة الى ذلك يتم تصنيع الشريط اللاصق من العازل الزجاجى ، الذى يستخدم لعزل الاسلاك والملفات العاملة بدرجة حرارة اقل من ١٨٠° م لمدة طويلة ، وذلك على هيئة بكرات صغيرة بقطر ١٥٠ - ١٧٥ مم وعرض من ١٠ الى ٣٠ مم .

ويبين الجدول ٩ المواصفات الاساسية لأكثر الانسجة المشربة باللك انتشارا .

البند ٢٠ - المواد العازلة المصنوعة من الميكا

تستخدم فلزات (minerals) الميكا الطبيعية بشكل رئيسى من اجل العزل الكهربائى ، مثل الموسكوفيت والفلوهوييت ، وفى العديد من الحالات تستخدم الميكا الاصطناعية مثل الفلوهوييت الفلورى .

وتتألف المواد العازلة المصنوعة على اساس الميكا من وريقات الميكا بسماكة ٦ الى ٤٥ ميكرون وأكثر الملتصقة مع بعضها بواسطة الراتنج او اللك اللاصق . وتستخدم الميكا الملتصقة لعزل الموحدات ، وكذلك لعزل ملفات المكثات الكهربائية ، حيث يحتاج تصميمها الى مقاومة الاحماء

الانسجة العازلة المشربة باللك

التصنيف حسب مادة الاساس	ماركة النسيج المشرب	مادة التشريب	السماكة، مم	الخواص المميزة
النسيج القطنى	ЛХМ-105	لك زيتى	٠,٣-٠,١٥	ذو مواصفات اعتيادية
	ЛХМС-105	لك زيتى	٠,٢-٠,١٧	ذو مواصفات محسنة
	ЛХММ-105	لك زيتى	٠,٢٤-٠,١٧	نفس الشئ، مع الصمود للزيت
	ЛХБ-105	لك زيتى - زفتى	٠,٢٤-٠,١٧	نفس الشئ، مع الصمود للرطوبة
النسيج الحريرى	ЛШМ-105	لك زيتى	٠,١٥-٠,٠٨	ذو مواصفات كهربائية محسنة
	ЛШМС-105	لك زيتى	٠,١٥-٠,٠٤	نفس الشئ، ولكن بسماكة أقل
النسيج النايلونى	ЛКМ-105	لك زيتى	٠,١٥-٠,٠١	ذو مرونة فائقة
	ЛКМС-105	لك زيتى	٠,١٥-٠,٠١	غير انه ينقص اكثر عند الاحماء
النسيج الزجاجى	ЛСБ-120/130	لك زيتى - زفتى	٠,٢٤-٠,١١	صامد للرطوبة
	ЛКС-155/180	لك سليكونى عضوى	٠,٢-٠,١١	صامد للتسخين
	ЛСКЛ-155	لك سليكونى عضوى	٠,١٥-٠,١٢	لاصق
	ЛСММ-105/120	لك زيتى	٠,٢٤-٠,١٧	صامد للزيوت
	ЛСМ-105/120	لك زيتى	٠,٢٤-٠,١٥	غير صامد للزيوت
	ЛСКР-180	محلول الكاوتشوك	٠,٢٠-٠,١١	صامد للحرارة
		СКГ		
	ЛСЛ-105/120	محلول اللتى	٠,٢٤-٠,١٥	-
	ЛСК-5	مينا نصف ناقل	٠,٢٠-٠,١٥	النسيج الزجاجى
				النصف ناقل ذو مقاومة نوعية ضئيلة. وهو يستخدم لتعديل المجال الكهربائى فى الاجهزة والمكثات الكهربائية

ملاحظة : تدل الاحرف الواردة فى الماركات على ما يلى : الحرف الاول Л يدل على نسيج مشبع باللك ؛ والحرف الثانى يدل على مادة الاساس ؛ X - نسيج قطنى، III - نسيج حريرى ؛ K - نايلون ، C - نسيج زجاجى ؛ ويميز الحرف الثالث مواصفات مادة التشريب : M - لك زيتى ، Б - لك زفتى ، K - لك عضوى سليكونى ، Л - لا تكس ؛ ويدل الحرف الرابع على المواصفات الاضافية للنسيج المشرب باللك : M - صامد للزيوت ، Л - لاصق، وهكذا دواليك. وتدل الارقام على درجة الحرارة الموافقة لصنف درجة الصمود للحرارة.

(حتى ١٨٠ ° م) ، اى تلك المكنات التى تعمل فى ظروف درجات الحرارة العالية للوسط المحيط ، وفطر التحميل المتكرر .

ويعتبر الميكانيكيات ، وهو عازل من صفائح الميكا واللك ، أحد أهم المواد العازلة المصنوعة من الميكا ، ومن انواعه الاساسية الميكانيكيات الخاص بالموحدات والتساميك والتشكيل ، والميكانيكيات المرن .

وتتنمى انواع الميكانيكيات الخاصة بالموحدات والتساميك الى مجموعة الميكانيكيات الصلب ، اما الانواع التشكيلية والمرنة (الميكانيكيات الزجاجي ، وشريط الميكا ، ونسيج الميكا) فهي تنتمى الى الميكا العازلة المرنة .

تصنع انواع الميكانيكيات المستخدمة للموحدات من رقائق الميكا فلوغوبيت ، التى تلتصق مع بعضها بواسطة الراتنج القلوى او الراتنج الالكيلي .

ويصنع الميكانيكيات الخاص بالتساميك من رقائق الميكا موسكوفيت او فلوغوبيت ، الملتصقة بواسطة الراتنج الالكيلي او القلوى ، ومن ثم تتعرض للضغط تحت درجة حرارة تعادل ١٥٠ - ١٧٠ ° م .

أما الميكانيكيات التشكيلية ، فهو عبارة عن الواح يمكن تشكيلها بسهولة فى الحالة الساخنة ، وهو يستخدم لتصنيع اطواق الموحدات ومختلف الاجزاء ذات البروفيل التشكيلية .

والميكانيكيات المرن هو عبارة عن مواد مصنوعة من عدة طبقات من الميكا (موسكوفيت وفلوغوبيت) على هيئة الواح او ملفات ، وهى ملتصقة بواسطة الراتنج الالكيلي او القلوى او العضوى - السليكونى ، من جهة واحدة او من الجهتين ، على الورق او النسيج الزجاجي او النسيج القطنى . وتمتاز انواع الميكانيكيات المرن عن الميكانيكيات الصلب والميكانيكيات التشكيلية ، بالمرونة عند درجات الحرارة الاعتيادية ويحافظ عليها الميكانيكيات بعد الاحماء والتبريد . وتستخدم هذه الانواع من الميكانيكيات لعزل مختلف الملفات فى المجارى والمناطق الجبهية ، ولعزل التساميك وغيرها .

ويعتبر شريط الميكا احد انواع الميكانيكيات المرن ، ويتألف هذا الشريط من صفائح الميكا الملتصقة على قاعدتين من ورقة الميكا او الشريط الزجاجي (شريط ميكا زجاجي) . وتعادل سماكة شريط الميكا ١٢،٠ او ١٧،٠

مم ، وهو يستخدم بشكل رئيسى لعزل الملفات العالية الفلظية . وينتمى شريط الميكا ، من حيث الصمود للحرارة ، الى الاصناف B و F او H ، وذلك تبعا لمادة القاعدة التى تلصق عليها صفائح الميكا ، وتبعا للمادة اللاصقة . ويتم تصنيع شريط الميكا بشكل ملفوف على هيئة بكرات تبعا فى علب من التنك ، مغلقة باحكام . ويجب استعمال الشريط المأخوذ من العلبة ، على الفور ، وذلك لأنه يجف بسرعة فى الهواء ويصبح غير صالح للعمل .

تمتاز المواد العازلة كهربائيا ، المصنوعة على اساس الميكا ، بخواص كهربائية عالية ، وبصمود للحرارة والرطوبة ، وبمتانة ميكانيكية . وهى تستخدم لعزل قلوب الاعضاء الدوارة ، بمثابة عازل المجارى وبين الاطوار ، وكترساميك عازلة ، ولتصنيع الاطواق فى الموحدات ، وبصفة عوازل بين صفائح الموحدات ، وفى العديد من الحالات التى يجب ان يمتاز العازل فيها بخصائص عالية من الصمود للحرارة والمتانة الكهربائية .

ومن الصعب جدا تصنيع المواد العازلة على اساس شرائح الميكا الرقيقة ، ولا يمكن مكنة عملية التصنيع بما فيه الكفاية ، وذلك لأنه يتطلب تقطيع الميكا الى شرائح رقيقة ، وقياسها بدقة والصاقها على الطبقات بشكل منتظم . وفى الوقت الحاضر تستخدم بشكل واسع ، تلك المواد العازلة التى لا تستعمل فيها صفائح الميكا ، بل قشورها الرقيقة ، التى يتم الحصول عليها بالتنعيم الميكانيكى . وتصنع منها اوراق الميكا التى تستعمل كقاعدة لتحضير العديد من المواد العازلة الشبيهة بالميكانيك . وبواسطة المواد الرابطة والاساس الزجاجى ، يتم الحصول على الميكانيك التشكيلى والميكانيك المستخدم فى الموحدات ، وغيرها من المواد العازلة ، التى تحل تماما محل انواع الميكانيك ، وهى فى الوقت ذاته ارخص بكثير واسهل فى التصنيع من المواد العازلة المصنوعة على اساس شرائح الميكا .

وتصنع من قشور الميكا الأكبر حجما ، مواد الميكا العرقية ، وهى شبيهة بالميكانيك ، ولكنها تتمتع بخواص ميكانيكية أعلى (الميكا العرقية المستخدمة فى الموحدات ، وللأغراض التشكيلية وغيرها) . وهذه المواد

تضاهى من حيث خواصها الكهربائية الانواع المطابقة لها من الميكانيك ، ولكنها تفوق عليها من حيث المرونة ، ولهذا فانها تستخدم بشكل واسع كعوازل حديثة .

البند ٢١ - المواد العازلة البلاستيكية العديدة الطبقات

غالبا ما تستخدم فى المكنات والاجهزة الكهربائية ، المواد البلاستيكية العديدة الطبقات ، بصفة مواد عازلة . وهى تتألف من طبقات متتابعة من الحشوة الصفيفية (ورق او قماش) ، والمادة الرابطة (راتنجات باكلتية او سليكونية - عضوية) .

وتمثل المواد البلاستيكية العديدة الطبقات بشكل رئيسى بالبلاستيك الرقائقى والبلاستيك القماشى (تكستوليت) ، والبلاستيك القماشى - الزجاجى . وتستخدم فى المواد العازلة العديدة الطبقات ، بصفة حشوة ، انواع خاصة من الورق المشرب (البلاستيك الرقائقى) ، وكذلك الاقمشة القطنية (التكستوليت) ، والاقمشة الزجاجية غير القلوية (التكستوليت الزجاجى) . ويتم تجميع الحشوة الصفيفية بعد تشريبها وتجفيفها ، على هيئة رزم ذات سماكة معينة ، ثم تتعرض الى الضغط والحرارة فى المكابس الهيدرولية . وتتمتع الأقمشة الزجاجية البلاستيكية المترابطة بالمواد العضوية - السليكونية ، بافضل صمود ضد الحرارة ، وبافضل الخواص الكهربائية . وفى العديد من الحالات ، تستخدم بصفة مواد صلبة وعازلة كهربائيا ، المواد البلاستيكية العديدة الطبقات مثل التكستوليت المشبع بالاسبستوس وخشب الدلتا . وترد فى الجدول ١٠ ، الابعاد الأساسية للمواد العازلة البلاستيكية العديدة الطبقات ، وأماكن إستخدامها .

البند ٢٢ - مركبات التشريب العازلة كهربائيا

هى مواد تكون سائلة عند استخدامها ، ثم تتجمد وتصبح صلبة فى حالة العمل . وتتمتع هذه المركبات بصمود عال ضد الماء ، وبخواص

الابعاد الاساسية للمواد البلاستيكية العازلة ، والعديدة الطبقات ، واماكن استخدامها

المادة	الماركة	السماكة المقدرة للألواح ، مم	مساحة الألواح ، م ^٢	الغاية الاساسية للاستخدام
١	٢	٣	٤	٥
البلاستيك الرقائقي	I	٠,٢-٠,٥ ؛ ٠,٦-١,٢ ؛	٧٠٠×٥٥٠	للعمل في الهواء،
		١,٣-١,٩ ؛ ٢-٣,٥ ؛	٩٣٠×٦٥٠	وفي الظروف المناخية
		٣,٨-٦,٣ ؛ ٦,٥-٩,٥ ؛	٩٣٠×٧٠٠	المعتدلة، وبتردد قدره
		١٠-١٢,٥ ؛ ١٣-١٧ ؛	١٠٣٠×٩٣٠	٥٠ هرتز، وفلظية تصل
		١٨-٢٥ ؛ ٢٦-٣٣ ؛	١٤٣٠×٤٣٠	حتى ١٠٠٠ فولط، أو
	II	٣٤-٤١ ؛ ٤٢-٥٠		للعمل في زيت المحولات
		نفس السماكات، كما	٧٠٠×٥٥٠	للعمل في الهواء،
		في الماركة I، ولكنها	٩٣٠×٦٥٠	وفي الظروف المناخية
		تبدأ من ٠,٤	٩٣٠×٧٠٠	المعتدلة وتردد قدره ٥٠
			١٠٣٠-٩٣٠	هرتز وفلظية تصل حتى
			١٤٣٠×٩٣٠	١٠٠٠ فولط، وللعمل
			٧٠٠×٥٥٠	في زيت المحولات،
			٩٣٠×٦٥٠	مع تسامح أوسع من حيث
			٩٣٠×٧٠٠	السماكة، بالمقارنة مع
			١٠٣٠×٩٣٠	الماركة I، ولا توجد
	III		١٤٣٠×٩٣٠	حدود لتشوه الاعوجاج
			٧٠٠×٥٥٠	
			٩٣٠×٦٥٠	
			٩٣٠×٧٠٠	
			١٠٣٠×٩٣٠	
			١٤٣٠×٩٣٠	
			٧٠٠×٥٥٠	
			٩٣٠×٦٥٠	
			١٣٠×٩٣٠	
			١٤٣٠×٩٣٠	
للعمل في الظروف		٥-٧,٥ ؛ ٨-١١ ؛		
العالية الرطوبة، وتردد		١١,٥-١٤ ؛ ١٥,٥-٢٠ ؛		
قدره ٥٠ هرتز، وفلظية		٢١-٢٨ ؛ ٢٩-٣٦ ؛		
تصل حتى ١٠٠٠ فولط		٣٧-٥٠		

١	٢	٣	٤	٥
	IV	٢-٦,٥ ؛ ٧-١٠ ؛ ١٠,٥-١٣ ؛ ١٣,٥-١٨ ؛	٧٠٠×٥٥٠ ٩٣٠×٦٥٠ ٩٣٠×٧٠٠ ١٠٣٠×٩٣٠ ١٤٣٠×٩٣٠	للعمل في الهواء وفي الظروف المناخية الاستوائية الرطبة، وتردد قدره ٥٠ هرتز، وفلطية تصل حتى ١٠٠٠ فولط، وللعمل في زيت المحولات
	V-I V-II	نفس السماكات الموجودة بالنسبة للماركة III	٧٠٠×٥٥٠ ٩٣٠×٦٥٠ ٩٣٠×٧٠٠ ١٠٣٠×٩٣٠ ١٤٣٠×٩٣٠	للعمل في زيت المحولات، وتردد قدره ٥٠ هرتز، وفلطية تزيد عن ١٠٠٠ فولط، أو للعمل في الهواء في ظروف مناخية معتدلة
التكستوليت	A	٠,٥-١,٢ ؛ ١,٤-٢,٥ ؛ ٣-٥,٥ ؛ ٦-١٠ ؛ ١٠,٥-١٨ ؛ ١٩-٢٨ ؛ ٣٠-٣٨ ؛ ٤٠-٥٠	لا تقل عن ٦٠٠×٤٥٠	للعمل في زيت المحولات أو في الهواء، عند تردد قدره ٥٠ هرتز، وحيث يتطلب الامر توفر خصائص كهربائية عالية
	B	نفس السماكات الواردة بالنسبة للماركة A	لا تقل عن ٦٠٠×٤٥٠	للعمل في الهواء، وبتردد قدره ٥٠ هرتز، وحيث يتطلب الامر توفر خصائص كهربائية عالية
	Γ	نفس السماكات، كما في الماركة A	لا تقل عن ٦٠٠×٤٥٠	للعمل في زيت المحولات وفي الهواء، لكن حيث يتوفر تسامح واسع من حيث السماكة والاعوجاج
التكستوليت الزجاجي	CT	١,٥ ؛ ١,٦ ؛ ١,٨ ؛ ٢ ؛ ٢,٣ ؛ ٢,٥ ؛ ٢,٨ ؛ ٣ ؛ ٣,٥ ؛ ٤ ؛ ٤,٥ ؛ ٥ ؛ ٥,٥ ؛ ٦ ؛ ٦,٥ ؛	× (٩٨٠-٤٥٠) (١٤٨٠-٦٠٠)	للعمل بفلطية تصل حتى ١٠٠٠ فولط وتردد قدره ٥٠ هرتز، في الهواء وفي الظروف

٥	٤	٣	٢	١
المناخية المعتدلة (حتى ١٣٠°م)		٧ ٤ ٨ ٩ ١٠ ١١ ٤ ١٢ ٤ ١٣ ١٤ ١٥ ٤ ١٦ ٤ ١٨ ٢٠ ٢٢ ٤ ٢٥ ٢٨ ٣٠ ٤		
للعمل بفلطية تصل حتى ١٠٠٠ فولط وتردد قدره ٥٠ هرتز، في الهواء وفي الظروف المناخية المعتدلة (حتى ١٣٠°م)؛ ولكن حيث يمكن توفر تسامح واسع من حيث السماكة، وعدم تحديد الاعوجاج	×(٩٨٠-٤٥٠) (١٤٨٠-٦٠٠)×	١٥ ٤ ١٦ ٨ ١ ٢ ٤ ٢٣ ٤ ٢٥ ٨ ٢ ٣ ٤ ٣٥ ٤ ٤٥ ٤ ٥ ٤ ٥٥ ٤ ٦٥ ٦ ٧ ٤ ٨ ٩ ١٠ ١٢ ٤ ١٣ ١٤ ١٥ ١٦ ٤ ١٨ ٢٠ ٢٢ ٢٥ ٤ ٢٨ ٣٠ ٤	CT-B	
نفس الغاية المذكورة اعلاه ولكن هذه المواد يجب أن تكون ذات تجانس أكثر داخل وسطحي في الحالة البدائية وبعد المعالجة الميكانيكية	×(٩٨٠-٤٥٠) (١٤٨٠-٦٠٠)×	٥ ٤ ٦ ٨ ١ ٢ ٤ ١ ٢ ٣ ٤ ٥ ٦ ٨ ١٦ ١٨ ٢٠ ٢٢ ٢٥ ٢٨ ٣٠ ٤ ٤ ٥ ٦ ٧ ٨ ٩ ١٠ ١١ ١٢ ١٣ ١٤ ١٥ ١٦ ١٨ ٢٠ ٢٢ ٢٥ ٢٨ ٣٠ ٤	CT-1	
يحافظ على جساءة عالية عند درجات الحرارة العامة؛ للعمل بفلطية تصل حتى ١٠٠٠ فولط وتردد قدره ٥٠ هرتز في الهواء وفي الظروف المناخية المعتدلة	×(١٩٨٠-٤٥٠) (١٤٨٠-٦٠٠)×	٥ ٤ ٦ ٨ ١ ٢ ٤ ١ ٢ ٣ ٤ ٥ ٦ ٨ ١٦ ١٨ ٢٠ ٢٢ ٢٥ ٢٨ ٣٠ ٤	CT-2	

١	٢	٣	٤	٥
	СТЭФ	١,٥ ؛ ١,٦ ؛ ١,٨ ؛ ٢ ٢,٣ ؛ ٢,٥ ؛ ٢,٨ ؛ ٣ ٣,٥ ؛ ٤ ؛ ٤,٥ ؛ ٥ ٥,٥ ؛ ٦ ؛ ٦,٥ ؛ ٧ ٨ ؛ ٩ ؛ ١٠ ؛ ١١ ؛ ١٢ ١٣ ؛ ١٤ ؛ ١٥ ؛ ١٦ ١٨ ؛ ٢٠ ؛ ٢٢ ؛ ٢٥ ٢٨ ؛ ٣٠	×(٩٨٠-٤٥٠) ×(١٤٨٠-٦٠٠)	للعمل بفلطية تزيد عن ١٠٠٠ فولط وتردد قدره ٥٠ هرتز في الظروف الطبيعية في الهواء؛ وكذلك للعمل بفلطية تصل حتى ١٠٠٠ فولط في الجو الرطب وبدرجة حرارة ٣٥°م
التكستوليت المصنوع من الاسبتوس	АСТ-А	٦ ؛ ٧ ؛ ٨ ؛ ١٠ ؛ ١٢ ١٥ ؛ ١٦ ؛ ١٨ ؛ ٢٠ ٢٢ ؛ ٢٥ ؛ ٢٨ ؛ ٣٠ ٣٢ ؛ ٣٥ ؛ ٣٧ ؛ ٤٠ ٤٢ ؛ ٤٤ ؛ ٤٦ ؛ ٤٨ ٥٠ ؛ ٥٢ ؛ ٥٥ ؛ ٥٨ ؛ ٦٠	×(١٠٠٠-٤٥٠) ×(٢٤٨٠-٦٠٠)	مشدات واسافين في الاعضاء الدوارة للمولدات التريينية، وبصفة مواد تصنع منها لوحات التحكم (حتى ١٣٠°م)
خشب الدلتا	ДСП-В-Э	١ ؛ ١,٥ ؛ ٢ ؛ ٢,٥ ٣ ؛ ٤ ؛ ٥ ؛ ٦ ؛ ٧ ٨ ؛ ١٠ ؛ ١٢ ؛ ١٥ ٢٠ ؛ ٢٥ ؛ ٣٠ ؛ ٣٥ ٤٠ ؛ ٤٥ ؛ ٥٠ ؛ ٥٥ ؛ ٦٠	من ٨٠٠×٧٠٠ حتى ١٢٠٠×٥٦٠٠	اجزاء انشائية وعازلة كهربائيا، تعمل في زيت المحولات. ومن اجل العمل في الهواء المكشوف، تحتاج الى حماية شديدة من الرطوبة
	ДСП-БЭ	١٥ ؛ ٢٠ ؛ ٢٥ ؛ ٣٠ ٣٥ ؛ ٤٠ ؛ ٤٥ ؛ ٥٠ ٥٥ ؛ ٦٠	من ١٠٠٠×٧٠٠ حتى ١٢٠٠×٥٦٠٠	اجزاء انشائية وعازلة كهربائيا، تعمل في زيت المحولات. ومن اجل العمل في الهواء المكشوف تحتاج الى حماية شديدة من الرطوبة ، وهي تتمتع بمتانة ميكانيكية أقل، وخواص كهربائية منخفضة نسبيا

المواصفات الأساسية لمركبات التشريب واماكن استخدامها

التصنيف حسب الغاية	ماركة المركب او رمزه	المواد التي يتألف منها المركب	المواصفات العامة ومجالات الاستخدام
مواد التشريب	225, 225-Д	زفت، بلىق، زيت كتان خال من الماء	كتلة غير بلورية سوداء اللون صامدة للماء تستخدم لتشريب الملفات في المكثات الكهربائية (التشريب تحت الضغط وبدرجة حرارة ١٦٠°م)
	زفتى	زفت ماركة: BH-V ; BH-III-V B وزفت خاص	نفس المواصفات ولكن الكتلة اقل مرونة، وهي تستخدم لتشريب وشائع المكثات العاملة بالتيار المستمر (تحت الضغط وبدرجات حرارة تتراوح من ١٤٠ الى ١٥٠°م)
	КГСМ-1	بولي أثير غير حدى رقم ١، ثانى أكسيد البنزول، كينين مائى	كتلة غير بلورية صفراء اللون، تتمتع بمتانة ميكانيكية عالية، وبصمود ضد الماء. وهي تستخدم لتشريب ملفات المحولات والاجهزة العاملة عند درجات الحرارة التى تتراوح بين ٦٠°م و ١٢٠°م
	КГСМ-2	بولي أثير غير حدى رقم ٢، ثانى أكسيد البنزول، كينين مائى	نفس الشئ* لكن المركب المتجمد يتمتع بمرونة اعلى
	К-43	المركب المصنوع على اساس بولى ميتيل سيلوكسان ولينولات الرصاص	تشريب الملفات فى المكثات الكهربائية والاجهزة التى تعمل لمدة طويلة عند الدرجة ١٨٠°م وفى ظروف ذات رطوبة مرتفعة
مركبات للتشريب والغمر	МБК-1	اثير ميتاكريل	تشريب الملفات فى المكثات الكهربائية، وغمر الوشائع والوحدات فى الاجهزة الكهربائية
	МБК-2	اثير ميتاكريل، مواد ملدنة	نفس الشئ، ولكن يستخدم هذا المركب من اجل الحصول على تشريب أكثر مرونة

كهربائية عالية ، وكذلك تتمتع بالقدرة على العمل الطويل الالمد فى نطاق درجات الحرارة من - ٤٠ °م حتى + ١٢٠ °م . وترد فى الجدول ١١ مواصفات مركبات التشريب ومجالات استخدامها .

البند ٢٣ - زيت المحولات

ينتمى زيت المحولات الى مجموعة العوازل المائعة ، التى تضاف لسحب الحرارة من الاجزاء الداخلىة الساخنة فى المعدات الكهربائىة واطفاء القوس الكهربائىة فى القواطع الزيتىة وتقوىة المتانة الكهربائىة للعازل الصلب واحكام الاجهزة الكهربائىة .

ويجب ان يلبى الزيت المستخدم لملء المحولات ، المتطلبات الآتىة :
يجب ان لا تقل المتانة الكهربائىة (الفلطىة الدنيا للخرق) عند الدرجة ٢٠ °م والتردد ٥٠ هرتز عن ١٥ كيلوفولط ؛ ورقم الحموضة لكل ١ غرام زيت يجب ان لا يزيد عن ٠,٠٥ ميليغرام ؛ وان لا تقل درجة اشتعال الابخرة عن ١٣٥ °م ؛ وان لا تزيد درجة التجمد عن - ٣٥ °م ؛ والترسبات يجب ان لا تزيد عن ٠,٠٠٥ % .

يجب ان لا يحتوى زيت المحولات على أحماض قابلة للانحلال فى الماء ، وكذلك على قلويات وشوائب ميكانيكىة .

أسئلة للمراجعة

- ١- اين تستخدم المواد العازلة كهربائيا ؟
- ٢- ما هى المواد العازلة اللىفية واين تستخدم ؟
- ٣- ما هى الغاية من زيت المحولات فى الاجهزة المعبأة بالزيت ؟

مخططات الملفات المستخدمة في المكثات الكهربائية

البند ٢٤ - انواع الملفات المستخدمة في المكثات الكهربائية وطرق تمثيلها

تعتبر الملفات من اهم الاقسام التي تتألف منها المكثات الكهربائية ، حيث تجرى داخلها العمليات الاساسية المتعلقة بتحويل الطاقة . وفيما يلي نذكر الملفات التي تستخدم في غالبية المكثات الكهربائية :

— الملفات الثلاثية الاطوار التي تستخدم في المكثات العاملة بالتيار المتناوب ، وهي تدخل عادة في تركيب الاعضاء الساكنة للمكثات المتزامنة واللامتزامنة ، وكذلك في الاعضاء الدوارة للمحركات اللامتزامنة المزودة بحلقات التماس ؛

— الملفات الاحادية الطور للاعضاء الساكنة التي تستخدم في المحركات الاحادية الطور اللامتزامنة والعاملة بالاعضاء الدوارة المقصورة الدائرة ؛

— ملفات اعضاء الانتاج ، التي تستخدم في مكثات التوحيد العاملة بالتيار المستمر وكذلك بالتيار المتناوب احادى الطور ؛

— ملفات مقصورة الدائرة التي تستخدم في الاعضاء الدوارة للمحركات الكهربائية اللامتزامنة .

تتألف عادة ملفات التحريض المستخدمة في مكثات التوحيد المتزامنة ، من وشائع قطبية بسيطة نسبيا ، وكذلك يكون بسيطا تركيب الملفات المقصورة الدائرة للاعضاء الدوارة في المحركات اللامتزامنة . اما الانواع الباقية من الملفات المذكورة اعلاه ، فهي تمثل منظومة معقدة لاسلاك معزولة توضع في مجار (شقوق) ، وتوصل مع بعضها حسب مخططات معينة تحتاج الى دراسة خاصة .

ان اللفة هي ابسط عنصر في الملف ، وتتألف من سلكين ناقلين
موصولين على التسلسل ، وموضوعين في شقين يقعان عادة تحت قطبين
متجاورين ومختلفين بالاسم . ويكون القسم الفعال من اللفة عبارة عن السلك
الكائن ضمن الشقوب ، وذلك لان القوة الدافعة الكهربائية تتعرض هنا تحت
تأثير المجال المغناطيسي الرئيسى للمكنة . اما اقسام اللفة الواقعة خارج الشقوب
(المجارى) ، والكائنة على طرفى الموصل المغناطيسى فهي تربط السلكين
الفعالين معا ، وتدعى بالاقسام الجبهية للفة .

وقد يتألف سلك اللفة من عدة اسلاك متوازية ، ونلجأ عادة الى ذلك كي
نجعل الملف أكثر طراوة حتى يسهل وضعه ضمن المجرى .

وتتشكل الوشيعة او قطاع الملف* من لفة واحدة او عدة لفات
موصولة على التسلسل . فاذا كان القطاع يتألف من لفة واحدة ، فان مثل
هذا الملف يسمى بالملف القضيبى ، وذلك لان النواقل الموجودة فى المجارى
تكون عندئذ عبارة عن قضبان جسيئة . اما الملف المؤلف من قطاعات عديدة
اللفات فيسمى بالملف الوشيعى .

ويتميز القطاع او الوشيعة ، بعدد اللفات w_c والخطوة y ، اى بعدد
اسنان الموصل المغناطيسى التى تحصرها الوشيعة . فمثلا ، اذا كان احد
طرفى الوشيعة (القطاع) يستلقى فى المجرى الاول ، والطرف الآخر يستلقى
فى المجرى السادس ، فان الوشيعة تحصر خمسة اسنان ، والخطوة هنا
تساوى خمسة ($y=5$) . وهكذا ، فان الخطوة يمكن ان تتحدد كحاصل
ال طرح لأرقام المجارى التى يتواجد فيها طرفا الوشيعة $y=6-1=5$. وغالبا
ما نلجأ فى تسجيل الملفات وتنظيم الوثائق الفنية ، الى الرمز للخطوة بأرقام
المجارى (بدءا من الاول) ، التى توضع فيها اطراف الوشيعة ، اى يكون
هذا الرمز فى حالتنا كما يلى : $y=1-6$.

وتسمى خطوة الملف بالخطوة القطرية اذا كانت مساوية للتقسيم القطبى ،

* يستخدم مصطلح «الوشيعة» فى هذا المعنى غالبا بالنسبة لملفات مكثات التوحيد ، اما
مصطلح «قطاع» فيستخدم بالنسبة لملفات عناصر الانتاج فى مكثات التوحيد .

اي المسافة الكائنة بين محوري قطبين متجاورين ومختلفين بالاسم ، أو عدد المجارى (الاسنان) الموافقة لقطب واحد . وفي هذه الحالة يكون لدينا : $y = \tau = z/2p$ ، حيث z - عدد المجارى (الاسنان) فى القلب ، التى يتوضع الملف فيها ؛ $2p$ - عدد اقطاب الملف .

واذا كانت خطوة الوشيعة أقل من الخطوة القطرية فانها تسمى بالخطوة المقصورة . ويتميز تقصير الخطوة بمعامل التقصير $k_y = y/\tau$ ، وهو يستخدم بشكل واسع فى ملفات الاعضاء الساكنة وفى المحركات الكهربائية اللامتزامنة والثلاثية الاطوار ، وذلك لأنه عندئذ يتوفر سلك اللف (على حساب الاقسام الجبهية الأقصر) ، ويصبح من الاسهل وضع الملفات فى المجارى ، وتحسن مواصفات المحركات . ويكون التقصير المستخدم للخطوة عادة ، فى حدود ٠,٨٥ - ٠,٦٦ .

فى المكنة الكهربائية ذات القطبين ، تكون الزاوية المركزية الموافقة للتقسيم القطبى مساوية الى ١٨٠° . وبالرغم من ان هذه الزاوية الهندسية تساوى ٩٠° فى المكنات الرباعية الاقطاب ، وتساوى ٦٠° فى المكنات السداسية الاقطاب والخ ، فمن المتعارف عليه ، ان هذه الزاوية تساوى فى جميع الحالات ١٨٠ درجة كهربائية بين محوري القطبين المتجاورين والمختلفين بالاسم . وبكلمة أخرى ، ان التقسيم القطبى يكون كما يلى $\tau = 180 \text{ elec. grades}$ (١٨٠ درجة كهربائية) .

يجرى التمييز بين الملفات الأحادية الطبقة ، حيث ينشغل كل مجرى بطرف وشيعة واحدة (قطاع) ، والملفات الثنائية الطبقة حيث تتوضع فى المجارى اطراف وشائع مختلفة على طبقتين .

ان طرق تمثيل ملفات المكنات الكهربائية هى شرطية ولها طابع خاص ، لذا يجدر بنا شرحها . وفى الواقع ، ان الملفات تحتوى على عدد كبير من النواقل ، ولو اردنا تمثيل جميع الوصلات بين النواقل واللفات والشائع والمجموعات الوشائية للملفات بواسطة الرسم ، فاننا سنحصل عندئذ على رسم معقد جدا يصعب تنفيذه من الناحية التقنية ، وذلك بالنسبة لمكنة كهربائية واقعية . ومن الناحية العملية ، فانه من المستحيل تمثيل الملف على الخارطة

الاسقاطية العادية للرسم الهندسى ، بحيث يعطينا هذا الرسم الهندسى تصورا كافيا عن الملف ، وكذلك يستحيل تنفيذ اعمال اللف بموجبه . ولذلك ، فاننا نضطر الى تمثيل الملفات على هيئة مخططات .

وهناك طريقتان رئيسيتان لتمثيل الملفات على المخططات .

ففى الطريقة الاولى نتخيل كما لو اننا نقص السطح الاسطوانى للقلب مع الملف (ومع الموحد بالنسبة لمكنات التوحيد) بموجب الراسم (خط التشكيل) ، ثم ننشره على مستوى الرسم . وتسمى مثل هذه المخططات بالمنشورات او الانفرادات .

وفى الطريقة الثانية ، نتخيل كما لو اننا نقوم بالاسقاط على مستوى يكون عموديا على محور القلب ، مع اظهار منظر الملف من الجانب (من جهة الموحد عادة ، بالنسبة لمكنات التوحيد) . وتمثل النواقل (الاطراف الفعالة للقطاعات والوشائع) الموجودة فى المجارى على سطح القلب ، بدوائر صغيرة ، ثم يتم اظهار الوصلات الجانبية (الجبهية) للملف . وعند الضرورة ، لا تمثل الوصلات الجانبية المرئية من هذا الطرف للملف فحسب ، بل وتمثل ايضا الاقسام الجبهية غير المرئية ، الموجودة على الجانب المعاكس للقلب ، بحيث ينقل هذا التمثيل عندئذ الى خارج دائرة القلب . وتسمى المخططات من هذا النوع بالمخططات الجانبية او الدائرية .

وتعطى هذه المخططات تصورا دقيقا عن تركيب القلب ، وتوزيع جميع العناصر مع الوصلات بينها على القلب . وتمثل على المخططات بشكل رئيسى ، فقط اسلاك الملف ، مع السعى قدر الامكان لاهمال جميع الاجزاء الباقية ، التى تحشو المخطط وتجعل من الصعب قراءته . وتذكر المعطيات الفنية الاضافية اللازمة على المخططات ، بشكل كتابات . وتمثل الوشيجة او القطاع على المخطط بخط واحد بغض النظر عن كونها ملفوفة بسلك واحد او بعدة أسلاك متوازية ، او كونها مؤلفة من لفة واحدة او عدة لفات . وتمثل القطاعات والوشائع على المخططات المنشورة (الانفرادات) ، على هيئة خط مغلق ، يذكرنا بالشكل الفعلى للوشيجة (القطاع) التى تنفرع عنها المآخذ .

وفي المخططات المنشورة للملفات الثنائية الطبقة ، تمثل اطراف الوشائع او القطاعات ، الواقعة بشكل اقرب الى الخلوصل الهوائي ، اى فى الطبقة العلوية للمجرى ، بخطوط متواصلة ، اما الاطراف الواقعة فى الطبقة السفلية فتمثل بخطوط متقطعة (او منقطة) .

وفي مخططات الملفات الثلاثية الاطوار ، يمكن تمثيل اسلاك الاطوار المختلفة بخطوط مختلفة فيما بينها ، مثلا بخطوط متواصلة ومتقطعة ومنقطة ، وبخطوط ذات الوان مختلفة او ذات سماكة مختلفة ، او بخطين مزدوجين يتم التهشير بينهما بشكل مختلف .

وتذكر على المخطط عادة ارقام المجارى ، وارقام صفائح الموحد ، ويمكن ان تذكر كذلك ارقام الوشائع (القطاعات) واطرافها ، وارقام وتعليم مأخذ المجموعات الوشائية ، واطوار الملف ، وتذكر اتجاهات التيارات ، والمناطق الطورية واقطاب المجال المغناطيسى ، وغير ذلك .

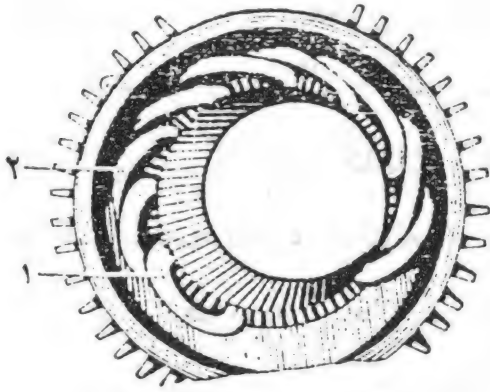
واننا نحتاج الى المخططات ليس فقط لدراسة مبدأ عمل الملفات وتركيبها وخواصها ومميزاتها ، بل وكذلك لتنفيذ اعمال اللف . فمن الصعب تنفيذ الملف دون توفر المخطط ، ودون مراعاته بدقة اثناء القيام باللف ، ولذلك يجب وضع مخطط للملف قبل البدء باصلاحه .

ومن الجدير بالذكر ، أن المخططات الجانبية والانفرادات للملفات المعقدة والعديدة الاقطاب ، والحاوية على عدد كبير من الاقطاب والمجارى ، تكون محشوة جدا وتصبح قراءتها . وفى هذه الحالات ، حيث تتكرر عناصر الملفات اثناء العمل ، غالبا ما نستخدم المخططات المنشورة التطبيقية ، وعندئذ نمثل طورا واحدا فقط مثلا (واحيانا جزءا من طور) ، للملفات الثلاثية الاطوار ، او نمثل بعض القطاعات لملف مكنة التوحيد . وتستخدم بشكل واسع ايضا المخططات الجانبية المبسطة ، حيث تمثل مجموعات وشائية بكاملها على هيئة جزء من قوس مع المأخذ الواردة ؛ اما العناصر الصغيرة فلا تمثل ، او تمثل بشكل منفصل على المخطط . ومن الملائم استخدام المخططات الجانبية المبسطة عند تنفيذ الوصلات بين المجموعات الوشائية فى الملفات المعقدة .

وتستخدم انواع أخرى ايضا من المخططات المبسطة ، وكذلك جداول
اللف ، فى التطبيق العملى لأعمال اللف .

البند ٢٥ - مخططات الملفات الثلاثية الاطوار

فى الملفات الثلاثية الاطوار ، توصل عادة تلك الوشائع التى تقع اطرافها
الفعالة تحت قطبين متجاورين ومختلفين بالاسم ، فيما بينها على التسلسل



الشكل ٤٥ - الوشائع والمجموعات الوشائية فى
الملف الثلاثى الاطوار (العضو الساكن للمحرك
الذى وضع فيه بشكل جزئى ملف شابلونى أحادى
الطبقة ، له وشائع متمركزة ، $2p = 8$ ، $q = 3$) :
١ - وشيعة ، ٢ - مجموعة وشائية مؤلفة من ثلاث
وشائع

لتشكل مجموعات وشائية (الشكل ٤٥) . وكقاعدة ، فان المجموعة الوشائية
تشكل زوجا واحدا من أقطاب طور واحد .

توصل المجموعات الوشائية لتشكل طور الملف . ولتشكيل الاطوار
يمكن استخدام الربط المتسلسل او المتوازي او المختلط للمجموعات الوشائية
فيما بينها ، غير أنه عندئذ يجب مراعاة التتابع الصحيح لأقطاب المجال
المغناطيسى ، الذى يولده الملف .

ويجب ان تكون الاطوار الثلاثة للملف متماثلة (متناظرة) ولذلك يجب
ان تتواجد فى كل طور من الاطوار الثلاثة ، كمية متساوية من الوشائع
الموصولة مع بعضها بشكل متشابه ، والواقعة فى المجال المغناطيسى للمكنة
بشكل متماثل . وفقط عند تطبيق هذا الشرط ، سوف تكون القوة الدافعة
الكهربائية الاجمالية فى الاطوار ، متساوية بالقيمة ومزاحة بالنسبة لبعضها
البعض بمقدار $\frac{1}{3}$ الدور ، اى تشكل نظام القوة الدافعة الكهربائية متماثل
وثلاثى الاطوار . ويمكن لاطوار الملف ان توصل مع بعضها بشكل نجمى
او مثلثى .

ومن أهم المواصفات التي تميز الملفات الثلاثية الاطوار هو عدد المجارى بالنسبة لكل قطب وطور q ؛ $q = z/(2 pm)$ حيث z - عدد المجارى التي يتوضع فيها الملف ؛ $2p$ - عدد اقطاب المجال المغناطيسي ؛ m - عدد الاطوار .

ويدل العدد q عادة على كمية الشائع الموجودة في كل مجموعة وشائعية للملف المعنى . فمثلا ، اذا كان الملف الثلاثي الاطوار ($m=3$) والرباعي الاقطاب ($2p=4$) ، يتوضع داخل ٦٠ مجرى ($z=60$) ، فان q تكون : $q = z/(2 pm) = 60/(4 \cdot 3) = 5$ فمثل هذا الملف سيضم خمس وشائع في كل مجموعة وشائعية .

فاذا وضعنا في هذه المجارى الستين ملفا ثلاثي الاطوار وثمانى الاقطاب ، فان عدد المجارى بالنسبة لكل قطب وطور لا يكون عددا صحيحا وانما عددا كسريا $q = 60/(8 \cdot 3) = 2\frac{1}{2}$. وتسمى مثل هذه الملفات بالملفات ذات العدد الكسرى q .

وبما انه في كل مجموعة وشائعية منفصلة يمكن ان يتواجد فقط عدد صحيح من الشائع ، لذا فان المجموعات الشائعية لن تكون متساوية في كل طور اذا كان العدد q كسريا ، بل ستضم المجموعات عددا مختلفا من الشائع . وفي هذه الحالة يبين العدد q الكمية المتوسطة للشائع الواجب توفرها في المجموعة الشائعية الواحدة .

تستخدم الملفات ذات العدد الكسرى q في الاعضاء الساكنة للمولدات المتزامنة العديدة الاقطاب ، عندما يكون $q < 3$.

وتنفذ عادة الملفات الثلاثية الاطوار بست مناطق . ففي مثل هذه الملفات تتوزع المجارى التي تشغل تقسيمين قطبيين (360° درجة كهربائية) ، الى ست مناطق (منطقة واحدة لكل طور في حدود تقسيم قطبي واحد) . فاذا كان الملف ذا عدد صحيح q ، وخطوته القطرية $y = \tau$ ، فان كل منطقة من الملف السداسى المناطق تشغل 60° درجة كهربائية .

وهناك علاقة من اجل الملفات الثلاثية الاطوار ، تربط بين عدد دورات

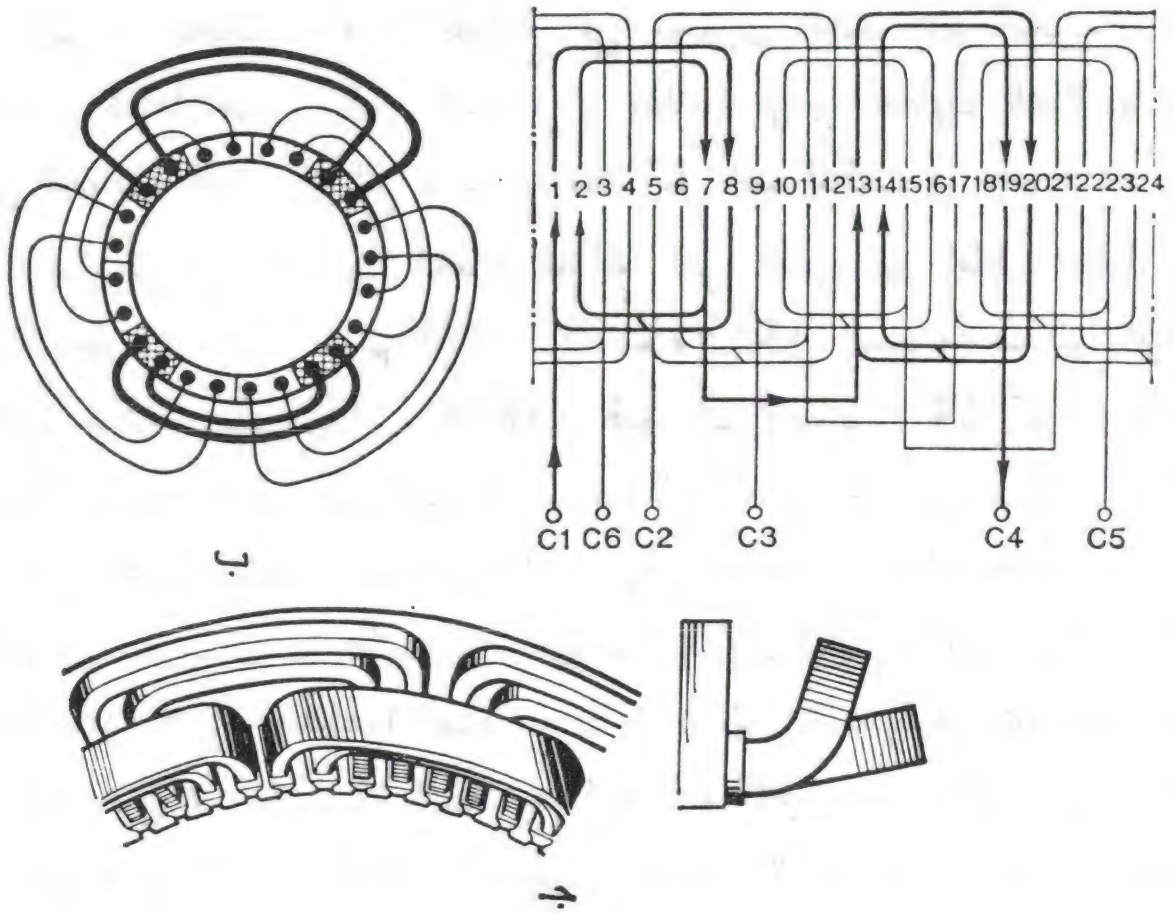
المجال المغناطيسي للمكنة في الدقيقة ، وعدد الاقطاب ، وتردد التيار
المر في الملف : $n = 60 f/p$ ، حيث n - عدد دورات المجال
المغناطيسي ، دورة/دقيقة ؛ p - عدد ازواج الاقطاب ؛ f - تردد التيار
المر في الملف ، هرتز .

الملفات المتمركزة الأحادية الطبقة . تستخدم هذه الملفات بشكل واسع
في المحركات اللامتزامنة ذات القدرة المتوسطة والصغيرة ، وعلى وجه الخصوص ،
في المحركات اللامتزامنة من الدفعة القياسية ذات الابعاد ٣ و ٤ و ٥ .
ويفسر ذلك بإمكانية التوصل الى تعبئة جيدة للمجاري بالمواد الناقلة ، وذلك
لانه ليست هناك حاجة للعازل بين طبقات الملف ، وكذلك بسبب توفر
المكانات المناسبة نصف الاوتوماتيكية في مصانع الآلات الكهربائية ، والتي
تسمح بمكنة عملية اللف .

وان تسمية الملف بالمتركز والاحادي الطبقة ، تفسر بما يلي : اولاً ،
بان كل مجرى من المجارى التي يتوضع فيها الملف يكون مشغولاً بكامله
بطرف واحد للوشية ؛ اي ان طرفي الوشية الواحدة يستلقيان في مجريين
بطبقة واحدة ؛ وثانياً ، ان الوشائع التي تشكل مجموعة وشائية للملف هي
ذات عرض متنوع ، وتتوضع بحيث تحيط الواحدة بالآخرى بشكل مركزي .
وتحتوي الملفات من هذا النوع على اقسام جبهية تقع في مستويين
او ثلاثة مستويات (طوابق) . وتبعاً لتوضع الاقسام الجبهية تميز الملفات
الثنائية والثلاثية المستويات .

ويبين الشكل ٤٦ مخططاً منشوراً ومخططاً جانبياً لتوضع الاقسام
الجبهية ، وكذلك منظراً لاقسام جبهية لملف متمركز احادي الطبقة وثلاثي
الاطوار ($m = 3$) ورباعي الاقطاب ($2p = 4$) ، في مكنة تحتوي على قلب
فيه ٢٤ مجرى ($z = 24$) . وقد صنع الملف بوصل متسلسل للمجموعات
الوشائية في الطور ، اي بدون فروع متوازية (عدد الفروع المتوازية $a = 1$) .
ويتم وضع المخطط الانفرادي (المنشور) لهذا الملف (الشكل ٤٦ ، أ)
حسب الطريقة التالية : اولاً يتم تحديد عدد المجارى بالنسبة للقطب والطور

$$\text{حسب الصيغة : } q = z/(2pm) = 24/(4 \cdot 3) = 2$$



الشكل ٤٦ - ملف أحادي الطبقة متمركز ، في مستويين :
 أ - مخطط منشور ، ب - مخطط جانبي لموقع الاقسام الجبهية ، ج - منظر الاقسام الجبهية

ومن ثم تمثل الجوانب الفعالة للوشائع الموجودة في المجارى ، شاقولية ، بحيث أن جوانب الوشائع التي تنتمي الى اطوار مختلفة ، تمثل بخطوط متميزة ؛ مثلا يمثل الطور الاول بخطوط مستمرة ، والطور الثانى بخطوط منقطعة ، والطور الثالث بخطوط متقطعة .

وفي حالتنا هذه تتوضع ستة مجارى على التقسيم القطبى τ :

$$\tau = z / (2p) = 24 / 4 = 6$$

وبالتالى فان كل منطقة طورية تضم بداخلها عددا من المجارى يساوى :

$$\tau / m = 6 / 3 = 2$$

واذا افترضنا أن الجانب الفعال لوشاعة الطور الاول سوف يستلقى في المجرى الطرفى الأيسر ، فاننا نرسم الخطوط التي تمثل الجوانب الفعالة للوشائع الموجودة في قطاع التقسيم القطبى الاول ، حسب التسلسل التالى : نرسم اولاً خطين مستمرين للطور الأول (باعتبار ان $q = 2$) ، ومن ثم خطين منقطعين (الطور الثالث) ، ومن ثم خطين منقطعين (الطور الثانى) .

وتتوضع الجوانب الفعالة للوشائع فى مجارى التقسيمات القطبية الثلاثة الباقية ، تماما حسب نفس التسلسل . وعندما نرسم الخطوط الشاقولية التى تمثل الجوانب الفعالة للوشائع ، نقطع وسط كل خط لنكتب فيه رقم المجرى . وبعد توزيع الجوانب الفعالة للوشائع التى تنتمى الى اطوار مختلفة ، على المجارى ، نبدأ برسم الوشائع بالذات وبتشكيل المجموعات الوشائية ، وعندئذ نسترشد بالاعتبارات اللاحقة . فيما أن $q = 2$ ، فان كل مجموعة وشائية سوف تتألف من وشيعتين ؛ وبما ان الملف متمركز ، فان الوشائع فى كل مجموعة يجب ان تكون ذات عرض مختلف بحيث تحيط احدهما بالآخرى . وبالتالي ، فالمجموعة الوشائية الاولى للطور الاول سوف تتألف من وشيعتين تشغل احدهما المجرىين ١ و ٨ وتحيط بالوشية الثانية المستقلة فى المجرىين ٢ و ٧ . اما المجموعة الوشائية الثانية للطور الاول فهى تتألف من الوشيعتين اللتين تشغلان المجارى ١٣ - ٢٠ و ١٤ - ١٩ . وتوصل الوشائع فى كل مجموعة وشائية على التسلسل ، وهذا يمثل على المخطط بوصلة قصيرة بين الاقسام الجبهية السفلية .

وبما ان الملف ذو مستويين ، ويجب ان تتوضع الاقسام الجبهية للمجموعات الوشائية فى طبقتين مختلفتين (الشكل ٤٦ ، ج) ، فانه من الضرورى تحديد عدد المجموعات الوشائية ذات الاقسام الجبهية الاقصر والمتوسطة فى الطبقة الاولى ، وتحديد عدد المجموعات الوشائية ذات الاقسام الجبهية الاطول ، والمتوسطة فى الطبقة الثانية . ويكون عدد الوشائع فى الملف الاحادى الطبقة أقل بمرتين من عدد المجارى ، وذلك لان كل وشية تشغل مجريين . لذا ، فان الملف المراد بحثه سوف يحتوى على ١٢ وشية . وتتألف كل مجموعة وشائية من وشيعتين ؛ وبالتالي فاية الكمية الكلية للمجموعات الوشائية للملف (k) تساوى ستة :

$$k = z/(2q) = 24/(2 \cdot 2) = 6$$

وسيضم كل طور من الاطوار الثلاثة مجموعتين وشائيتين ، وذلك لأن $k/m = 6/3 = 2$.

يحتوى الملف موضوع الدراسة على عدد زوجى من المجموعات

الوشائية وهو ستة ، لذا فمن السهل تقسيمها بين الطبقتين : ثلاث مجموعات وشارعية فى الطبقة الاولى وثلاث مجموعات فى الطبقة الثانية . ولكى تكون الاطوار الثلاثة متناظرة (متماثلة) ، تنفذ فى كل طور مجموعة وشارعية واحدة بحيث تكون اقسامها الجبهية فى الطبقة الاولى ، والاقسام الجبهية للمجموعة الوشارعية الثانية فى الطبقة الثانية . لذا ، فى الطور الاول ، تمثل المجموعة الوشارعية الاولى المؤلفة من الوشيعتين الواقعتين ضمن المجارى ١-٨ و ٢-٧ بأقسام جبهية قصيرة ، اما المجموعة الوشارعية الثانية المؤلفة من الوشيعتين الواقعتين ضمن المجارى ١٣-٢٠ و ١٤-١٩ فهى تمثل بأقسام جبهية طويلة .

والمرحلة التالية لرسم المخطط هى وصل المجموعات الوشارعية فيما بينهما وتشكيل اطوار الملف . فحسب المعطيات ، لا يحتوى طور الملف على فروع متوازية $a=1$ اى ان المجموعات الوشارعية فى الطور توصل على التسلسل . ولكى نوصل المجموعات الوشارعية فيما بينها بشكل صحيح ، يرمز على المخطط لاتجاه التيارات فى الجوانب الفعالة لجميع الوشائع فى الطور ، بحيث يضمن تشكيل الكمية المعطاة لأقطاب المجال المغناطيسى (فى حالتنا اربعة اقطاب) ، مع متابعتها الصحيح . وعندئذ يمكن الاسترشاد بقاعدة البرامة المعروفة . وليس من الصعب مشاهدة ، ان الطور الاول فى الملف قيد الدراسة سيولد مجالا مغناطيسيا رباعى الاقطاب ذا تتابع صحيح للاقطاب ، اذا كانت اتجاهات التيارات فى الجوانب الفعالة للوشائع ستكون كما هو مبين على الشكل ٤٦ ، أ ، اى يتجه التيار فى المجارى ١-٢ و ١٣-١٤ من الاسفل الى الاعلى ، وفى المجارى ٧-٨ و ١٩-٢٠ من الاعلى الى الاسفل . وبما ان اتجاه التيارين فى المجموعتين الوشارعيتين ينطبق (من البداية الى النهاية) ، فانه عند وصلهما على التسلسل من الضرورى توصيل نهاية المجموعة الوشارعية الاولى الخارجة من المجرى ٧ ، مع بداية المجموعة الوشارعية الثانية الخارجة من المجرى ١٣ .

وهكذا ، تشكل لدينا الطور الاول من الملف ، بحيث ان بداية الطور الاول تخرج من المجرى ١ ، ونهايته من المجرى ١٩ . وبما ان الطورين

الآخرين فى الملف (الثانى والثالث) يجب ان يكونا مثل الطور الاول ،
فان تسلسل تشكيلهما لا يحتاج الى شرح خاص . وسندرس فقط قضيتين :
احدهما متعلقة بايجاد المجارى التى تخرج منها مآخذ هذين الطورين ،
والقضية الاخرى متعلقة بتوزيع الاقسام الجبهية للمجموعات الوشائية على
الطبقتين .

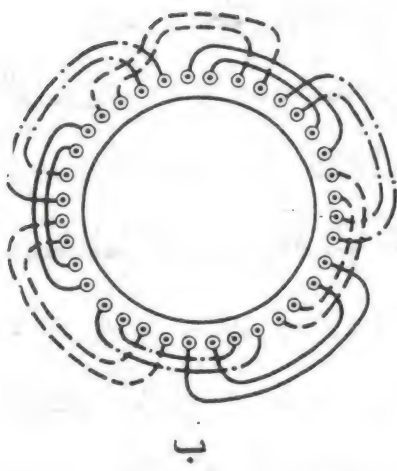
يجب ان تتوضع اطوار الملف بشكل متماثل فى المجال المغناطيسى
للمكنة ، اى أنها يجب ان تكون مزاحة عن بعضها البعض بمقدار 120°
درجة كهربائية ، او بعبارة اخرى ، بمقدار ثلثي التقسيم القطبى τ .
وفى الملف قيد الدراسة نجد ان هناك ستة مجار مقابل التقسيم القطبى
الواحد ، واربعة مجار لثلثي التقسيم القطبى $(2/3\tau)$ ، اى من اجل 120°
درجة كهربائية . ويمكن القيام بنفس هذا الحساب بطريقة اخرى . فالملف
رباعى الاقطاب ، وبالتالى ، فان الدائرة الكاملة للقلب تضم :
 $360 \cdot p = 360 \cdot 2 = 720$ el. grade وبما ان القلب يحتوى على 24
مجرى ، لذا فان تقسيم المجارى يعادل : $720/24 = 30$ el. grade
ويجب ان تزاخ الاطوار بمقدار 120° درجة كهربائية اى $(120/30 = 4)$
اربعة اقسام او اربعة مجار .

وباعتبار ان بداية الطور الاول تخرج من المجرى ١ ، فان بداية
الطور الثانى يجب ان تخرج من المجرى ٥ ، ويجب ان تخرج بداية
الطور الثالث المزاح بمقدار 120° درجة كهربائية ، من المجرى ٩ . وعلى
هذا المنوال تتحدد المجارى التى تخرج منها نهايات الاطوار . وبما ان
نهاية الطور الاول تخرج من المجرى ١٩ ، فان نهاية الطور الثانى يجب
ان تخرج من المجرى $19 + 4 = 23$ ، ونهاية الطور الثالث من المجرى
٢٧ . ولكن لدينا فقط ٢٤ مجرى على دائرة القلب ، لذا بدأنا بالعد من
المجرى ٢٣ اربعة مجار اخرى ، متحركين حسب المخطط من اليسار
الى اليمين ، اى باتجاه عقارب الساعة على طول محيط دائرة القلب (الشكل
٤٦ ، ب) ، فاننا سنحدد أن نهاية الطور الثالث يجب ان تخرج من المجرى
الثالث $(23 + 4 - 24 = 3)$.

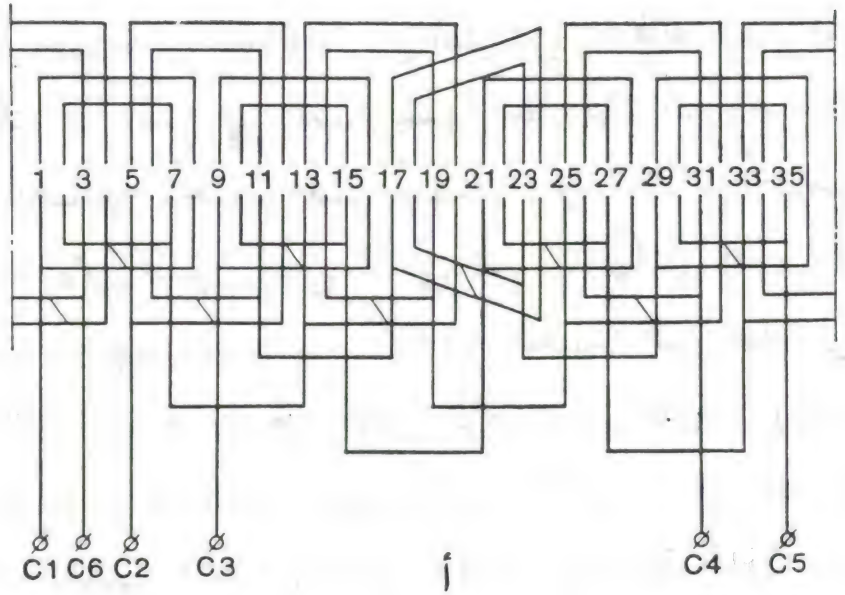
وفيما يتعلق بتوزيع المجموعات الوشائية على الطبقتين ، فانه ليس من الصعب ان نشاهد أنه يمكننا ان نضع في الطبقة نفسها فقط تلك المجموعات الوشائية التي لا تتقاطع اقسامها الجبهية فيما بينهما . وعندما نبدأ برسم المخطط للمجموعة الوشائية الاولى للطور الثاني ، التي تقع بدايتها في المجرى ٥ ، فاننا نرى أن اقسامها الجبهية تتقاطع مع الاقسام الجبهية الموجودة في الطبقة الاولى ، للمجموعة الوشائية الاولى من الطور الاول . وبالتالي ، يجب وضع الاقسام الجبهية للمجموعة الوشائية الاولى للطور الثاني ، في الطبقة الثانية . ونسترشد باعتبارات مشابهة عند رسم المجموعات الوشائية الباقية على المخطط .

تختلف خطوات الوشائع في المجموعة الوشائية ، في الملف المتمركز الاحادي الطبقة . فمثلا ، تساوى خطوة الوشاعة العريضة في الملف قيد الدراسة ٧ ، اما خطوة الوشاعة الضيقة فهي تساوى ٥ . وفي الحالة العامة ، تعادل خطوة أعرض وشاعة خارجية في المجموعة الوشائية $4q - 1$ ، اما خطوة كل وشاعة تالية تحيط بها فتكون أقل باثنين . وتكون خطوة أضيق وشاعة داخلية $2q + 1$. وتكون الخطوة المتوسطة لجميع الوشائع الداخلة في المجموعة الوشائية ، مساوية الى $\tau = z/(2p) = 3q = [(4q - 1) + (2q + 1)]/2$ ، اي هي الخطوة القطرية ، وهي تعتبر الخطوة الحسابية عند تحديد القوة الدافعة الكهربائية .

وكما ذكر أعلاه ، ففي الملف الاحادي الطبقة يكون عدد المجموعات الوشائية في الطور مساويا الى عدد ازواج الاقطاب ، وبالتالي فان عدد المجموعات الوشائية للملف الذي يتألف من ثلاثة اطوار ، يساوى $3p$ ، (اي $k = mp = 3p$) . فاذا صنع مثل هذا الملف على طبقتين ، فان عدد المجموعات الوشائية التي تقع اقسامها الجبهية في مستوى واحد يعادل $3p/2$. ويمكن للعدد $3p/2$ ان يكون عددا صحيحا فقط اذا كان عدد ازواج اقطاب الممكنة p عددا زوجيا . وبالتالي ، فانه يمكن انجاز الملف الثنائي الطبقة بعدد صحيح من المجموعات الوشائية في كل طبقة ، فقط عندما يكون p عددا زوجيا ، أي في الممكنات الحاوية على أربعة وثمانية



ب



أ

الشكل ٤٧ - المخطط المنشور لملف أحادي الطبقة متمركز في مستويين ، مزود بمجموعة وشائعية «انتقالية» (أ) ، والمخطط الجانبي لموقع الاقسام الجبهية (ب)

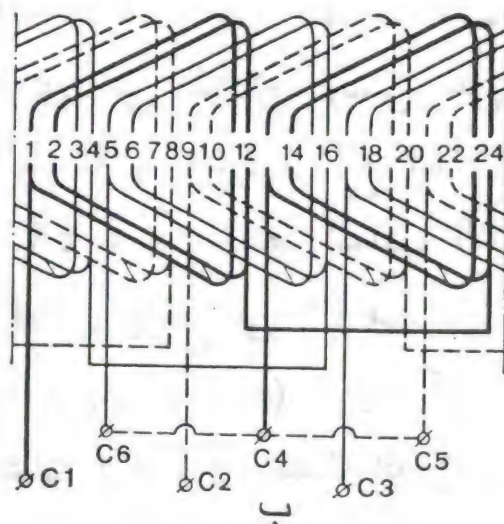
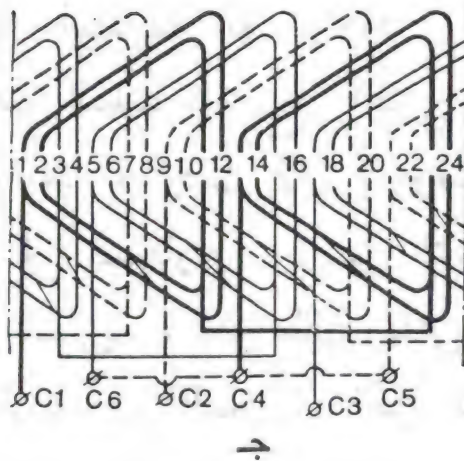
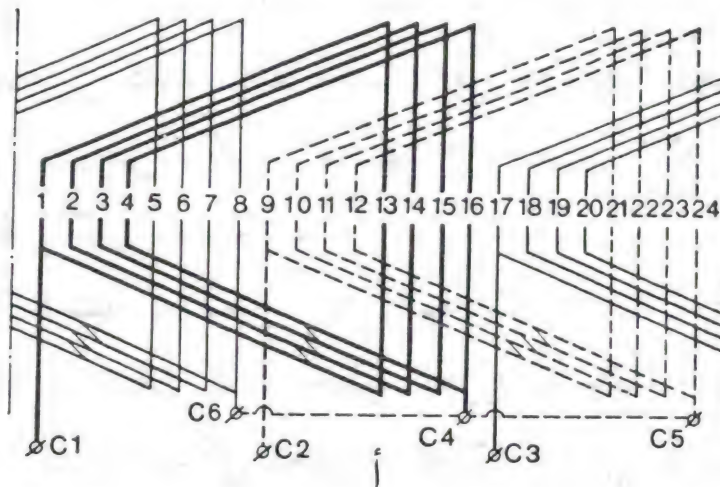
واثنى عشر قطبا والخ . اما اذا كان عدد ازواج الاقطاب p عددا فرديا ، اى عدد اقطاب الممكنة $2p$ يساوى ٢ ؛ ٦ ؛ ١٠ ؛ ١٤ والخ ، فان الملف الشائى الطبقة يجب ان يحتوى عندئذ على ما يسمى بالمجموعة الوشائعية «الانتقالية» ، التى يقع نصف اقسامها الجبهية فى الطبقة السفلى والنصف الآخر يقع فى الطبقة العلوية . ويبين الشكل ٤٧ - أ ، ب مخططا لمثل هذا الملف الخاص بالممكنة الحاوية على ستة اقطاب .

ومن الجدير بالذكر ان اطوار هذا الملف تضم على جوانب فعالة للوشائع ، واقعة على القلب ، غير انها تختلف بطول اقسامها الجبهية . فمثلا فى الطور الاول توصل على التسلسل مجموعة وشائعية قصيرة ومجموعتان طويلتان ، وفى الطور الثانى توصل مجموعة قصيرة ومجموعة «انتقالية» ومجموعة طويلة ، وفى الطور الثالث توصل مجموعة طويلة ومجموعتان قصيرتان . وهكذا ، فان اطوار هذا الملف تتمتع بمقاومة فعالة مختلفة بالقيمة ، وهى لا تزيد عادة عن ١٠ - ١٢٪ من المقاومة الكلية المتعلقة بشكل رئيسى بمحاثة الوشائع . فاذا اخذنا بعين الاعتبار ، أنه نتيجة لاختلاف طول الاقسام الجبهية للمجموعات الوشائعية ، لا يزيد الفرق فى المقاومات الفعالة

عادة عن ١٠-١٥٪ ، فان الخلاف فى المقاومة الكلية للاطوار سوف يعادل ١-٢٪ ، وهذا لا يؤثر عمليا على عمل المكنة .
الملفات الاحادية الطبقة النسخية (المتساوية الوشائع) ، وهى تتألف عادة من وشائع متماثلة تصنع على طبعة واحدة (شابلونة) يكون شكلها عادة شبه منحرف . ونتيجة لشكل شبه المنحرف للوشائع ، فان اقسامها الجبهية تقع فى مستويين .

وتقسم الملفات من هذا النوع الى ملفات بسيطة نسخية ، وملفات «منفتحة قليلا» ، وملفات نسخية متمركزة .

ويبين الشكل ٤٨-أ مخططا منشورا لملف نسخى بسيط ثنائى الاقطاب ، موضوع فى قلب يحتوى على ٢٤ مجرى ، ويبين الشكل ٤٨ ، ب ، ج مخطط الملفات النسخية الملفوفة و «المنفتحة» من اجل نفس



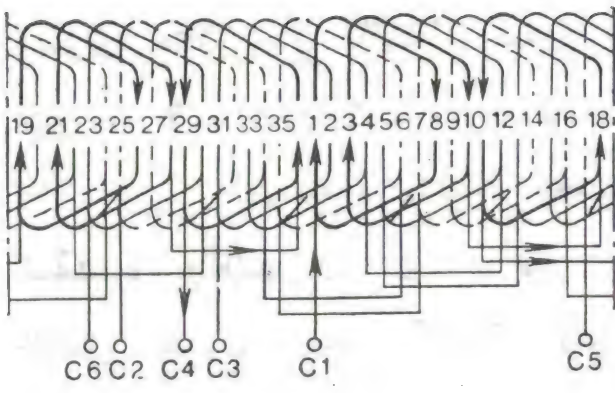
الشكل ٤٨- ملفات شابلوونية أحادية الطبقة :

أ- بسيط ، ب- «منفتح قليلا» ، ج- «منفتح قليلا» مزود بوشائع متمركزة

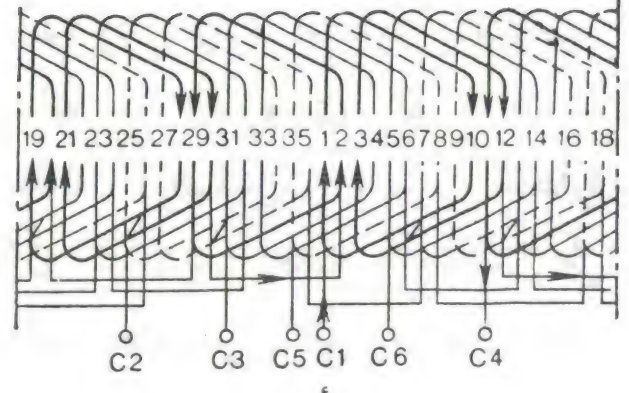
المكنات . وتنحصر خاصية اللف «المنفتح قليلا» في ان المجموعة الوشائية مقسومة الى نصفى مجموعة ثثنى اقسامها الجبهية في جهتين مختلفتين ، اى كما لو ان المجموعة الوشائية «منفتحة» ومقسومة الى قسمين . وتستخدم الوسائى «المنفتحة قليلا» عادة عندما تكون قيمة q كبيرة ($q \geq 4$) . وفى هذه الحالة يتم التوصل الى انقاص أبعاد الاقسام الجبهية .

وعند مقارنة المخططين الاخيرين مع بعضهما البعض ، ليس من الصعب ملاحظة ان الملف المبين على الشكل ٤٨ ، ب هو عبارة عن ملف متساوى الوسائى ، بينما يكون الملف المنفذ حسب المخطط المبين على الشكل ٤٨ ، ج ، مؤلفا من نوعين من الوسائى ، اى انه لا يكون متساوى الوسائى بالمعنى الدقيق . وهنا ، ففى كل نصف مجموعة مؤلفة من وشيعتين ، تحيط الوشاعة العريضة بالوشاعة الضيقة ، ولذا فان مثل هذا الملف يدعى بالملف النسخى المتمركز ، وتمتاز هذه الملفات بالمقارنة مع الملفات المتساوية الوسائى ، بانقاص كمية «التقاطعات» فى الأقسام الجبهية ، مما يسمح بوضعها بشكل مرصوص أكثر . وعيوبها هو وجود وسائى مختلفة الأبعاد مما يجعل الشابلونة أكثر تعقيدا .

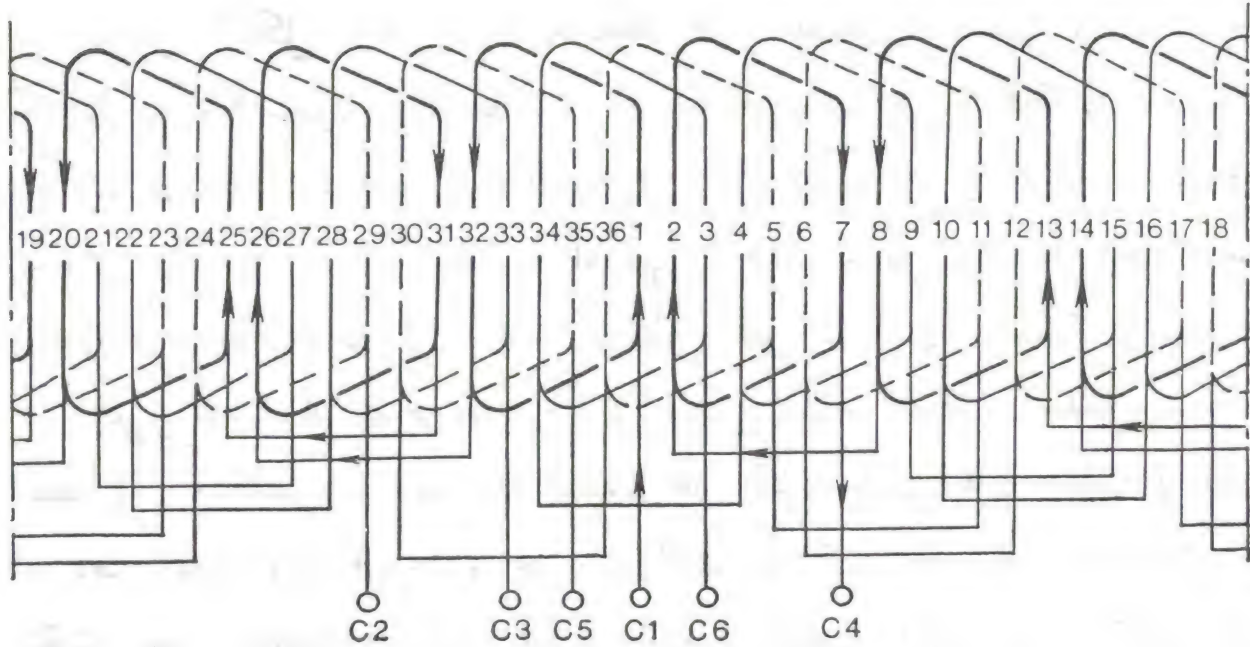
الملفات السلسلية ، تمتاز عن الملفات الاحادية الطبقة ، المدروسة اعلاه ، بكونها لا تملك فقط خطوة قطرية ، وانما خطوة مقصرة ايضا . وتنفذ الملفات السلسلية بشكل «مفتوح قليلا» ، وهى بذلك تذكرنا بالملفات النسخية المطابقة لها والوارد ذكرها اعلاه . غير انها تختلف عنها ، فالملفات السلسلية تتمتع بانفتاح يجرى على الوسائى وليس على انصاف المجموعات ، وذلك لان الجوانب الطويلة والقصيرة لوسائى الملف السلسلى تتناوب فى المجارى . ويبين الشكل ٤٩ ، أ مخطط الملف السلسلى ذى الخطوة القطرية ، وهو ملف رباعى الاقطاب يوضع فى ٣٦ مجرى ، ويمتاز بعدد فردى من المجارى لكل قطب وطور ($q = 3$) . ويمكن ان تكون خطوة الملف السلسلى فردية فقط ، وذلك لانه اذا وضعت الجوانب القصيرة للوسائى فى المجارى ذات الارقام الفردية ، فان الجوانب الطويلة يجب ان توضع فى المجارى ذات الارقام الزوجية ، فى حين ان الفرق بين ارقام



ب



ج



د

الشكل ٤٩ - الملفات السلسلية :

أ - بخطوة قطرية ($2p=4$ ، $q=3$ ، $y=\tau=9$) ، ب - بخطوة مقصرة و q عدد فردى
 ج - بخطوة مقصرة و q عدد زوجى ($2p=6$ ، $g=7/9\tau$ ، $q=3$ ، $2p=4$)
 د - بخطوة مقصرة و $q=2$ ، $y=5$

المجريين اللذين يوضع فيهما جانبا وشيعة واحدة ، اى خطوة الملف ، سيكون هذا الفرق دوما عددا فرديا . وان جميع وشائع الملف السلسلي تكون متشابهة ولها نفس الخطوة ، وهى تساوى فى حالتنا هذه ٩ ؛ أى هى خطوة قطرية ($\tau = z/(2p) = 36/4 = 9$).

ويبين الشكل - ٤٩ ، ب مخطط نفس الملف السلسلي ، ولكنه منفذ بخطوة مقصرة ، ويجب ان لا يكون تقصير الخطوة اختياريا فى الملفات السلسلية ، لان الخطوة هنا يجب ان تكون دوما عبارة عن عدد فردى ، وهى

تساوى مثلا ، فى الملف قيد البحث سبعة ($y=7$) ، اما معامل التقصير فهو : $ky = y/\tau = 7/9 = 0,78$. غير انه من الضرورى ان نذكر ، انه من المرغوب فيه تجنب الملفات السلسلية ذات الخطوة المقصورة والعدد الفردى q قدر الامكان ، لاننا نحصل عندئذ على مناطق طورية «غير كاملة» وعلى مجال مغناطيسى غير متناظر (غير متماثل) .

وبين الشكل ٤٩ ، ج مخططا آخر للملف السلسلى ، الذى يوضع كذلك فى ٣٦ مجرى ($z=36$) ، غير انه محسوب على ٦ أقطاب ($2p=6$) . ويكون فى هذا الملف عدد المجارى لكل قطب وطور عددا زوجيا وهو يساوى ($q=2$) ، اما التقسيم القطبى τ فهو يشمل ستة تدريجات سنية ($\tau = z/(2p) = 36/6 = 6$) ، اما الخطوة فهى تساوى خمسة ($y=5$) . وفى الحالة المعطاة هذه ، لا يمكن تنفيذ الملف السلسلى بالخطوة القطرية . وبالفعل ، فيما ان الملف هو ملف سلسلى فان خطوته y يجب ان يعبر عنها بعدد فردى ، غير انه لكون الملف ذاته يجب ان يتمتع فى الوقت نفسه بخطوة قطرية مساوية للتقسيم القطبى τ ($y=\tau$) ، الذى يضم فى حالتنا عددا زوجيا من التدريجات السنية ، فان هذين الشرطين متناقضان . وهكذا ، فان استخدام الخطوة المقصورة فى الملف المعنى (تساوى فعلا خمسة ، كما يبدو من الشكل ٤٩ ، ج) شئ اجبارى لا بد منه .

ومن الصعب ان نحدد فورا من منظر المخطط للملف السلسلى ، عدد الاقطاب المحسوب عليه هذا الملف ، وذلك لان المجموعات الوشائية هنا لا تظهر جليا كما فى الانماط الاخرى للملفات الاحادية الطبقات . غير اننا ، اذا تابعنا اتجاهات التيارات فى الجوانب الفعالة لوشائع احد الاطوار ورمزنا لها بأسهم على المخطط (مع اعتبار ان التيار موجه مثلا ، من بداية الطور الى نهايته) ، فاننا نستطيع استيضاح عدد اقطاب المجال المغناطيسى الذى يولده الملف (انظر الشكل ٤٩ ، أ) .

وتستخدم الملفات السلسلية غالبا فى الاعضاء الساكنة للمحركات اللامتزامنة ، وذلك بسبب امكانية تخفيض استهلاك اسلاك اللف على حساب

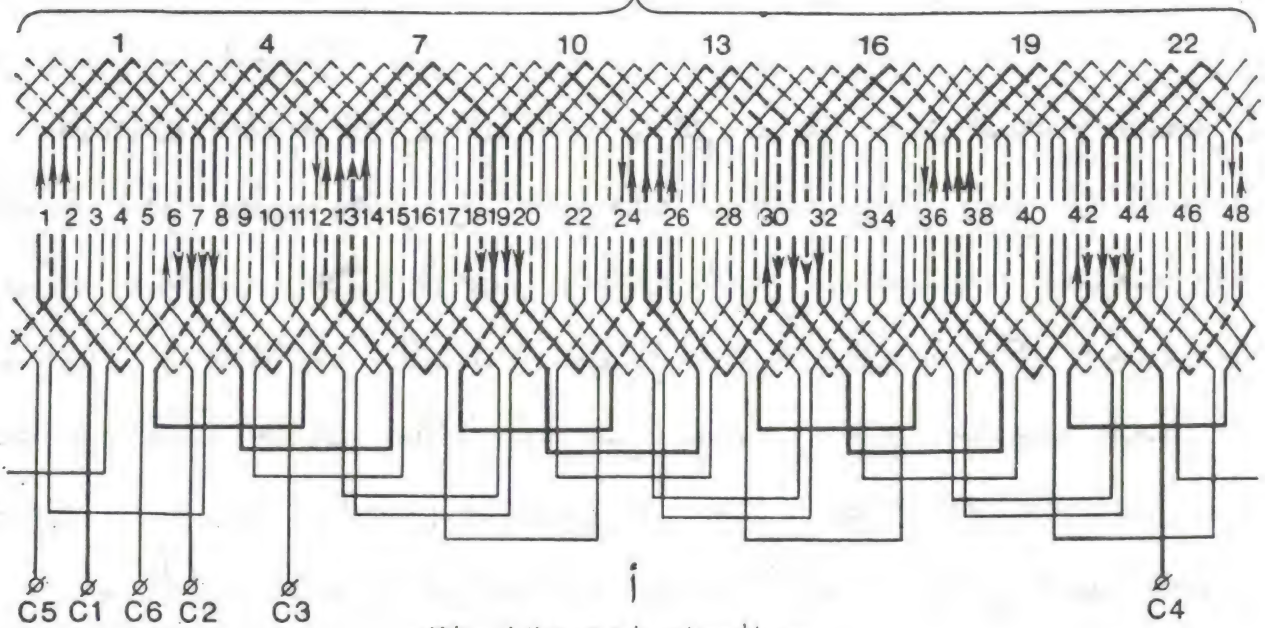
الخطوة المقصرة والوضع الكثيف للأقسام الجبهية ، التي تكون اقل حجما فى الملفات السلسلية .

الملفات العقدية الثنائية الطبقات ، التي تمتاز بعدد صحيح للمجارى بالنسبة لكل قطب وطور. وتستخدم هذه الملفات بشكل واسع فى الاعضاء الساكنة للمكانات الثلاثية الاطوار والعاملة بالتيار المتناوب ، المتزامنة وغير المتزامنة . وبما ان هذه الملفات بطبقتين ، فانه يوضع فى كل مجرى من مجارى القلب جانبان فعالان لوشيعتين مختلفتين فوق بعضهما البعض ، بحيث يوضع جانب احدى الوشيعتين فى قعر المجرى (الطبقة السفلية) ، اما جانب الوشيعه الاخرى فيوضع فوق الجانب الاول ، اى فى قسم المجرى الاقرب الى الخلوصل الهوائى (الطبقة العلوية) وتشغل الاقسام الجبهية لكل وشيعة كذلك طبقتين ، اما الانتقال من طبقة الى أخرى فيتم فى رؤوس الوشائع . ويدعى الملف عقديا لانه عند السير مع الملف على المخطط ، نضطر الى القيام بحركة شبيهة بربط العقدة تارة الى الامام وتارة الى الخلف .

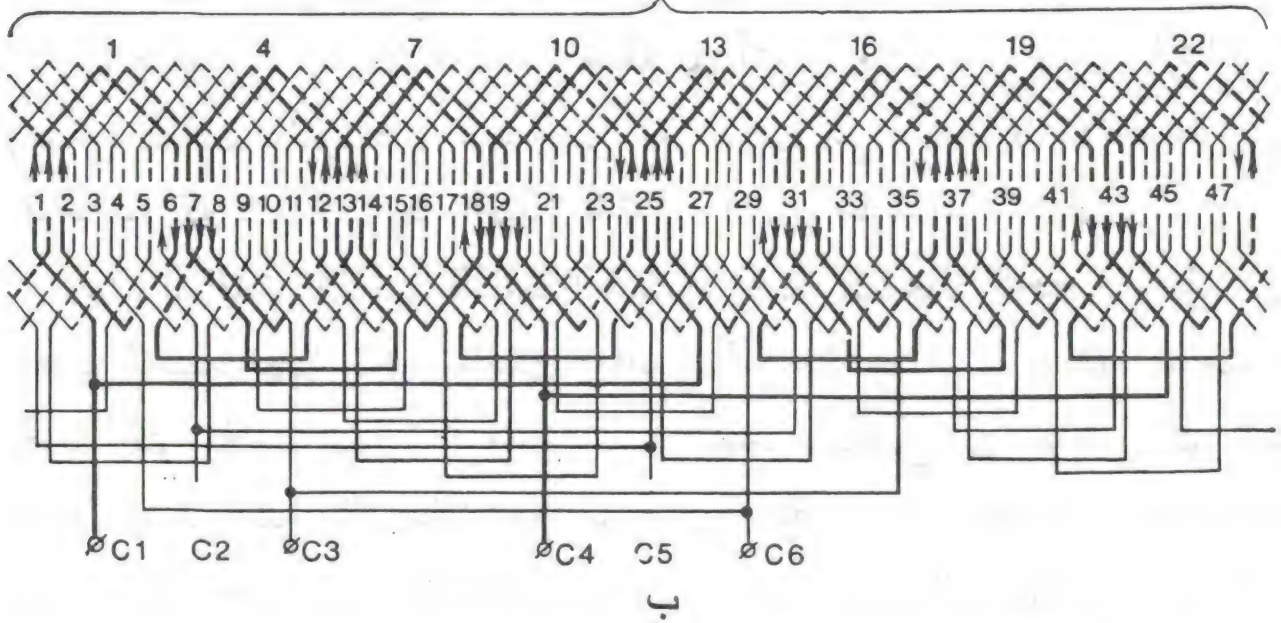
وان الملفات العقدية الثنائية الطبقات تفسح المجال للحصول على اى تقصير للخطوة مهما كان . ولذلك ، فانه يمكن هنا اختيار اية خطوة للملف ، تكون أكثر ملاءمة للمكنة المعطاة ، مما يسمح بالتوصل الى خواص كهربائية جيدة للمحركات والمولدات مع التوفير فى الوقت ذاته للنحاس المصروف على اسلاك اللف . وبالإضافة الى ذلك ، فان استخدام الملفات من هذا النمط المعنى يسمح بسهولة بمكنة عملية تصنيع الوشائع ذات الشكل المتشابه . وفى العديد من الحالات ، فان استخدام الملفات العقدية الثنائية الطبقات ، يفسح المجال لاستعمال نفس القالب لتحضير قلوب المكنات المحسوبة على عدد مختلف من الاقطاب ، ويسمح ذلك عند الاصلاح ، بتنفيذ الملف على نفس القلب ، ولكن على عدد آخر من الاقطاب يختلف عن العدد الاولى للاقطاب .

ويبين الشكل ٥٠ ، أ المخطط المنشور للملف العقدى الثلاثى الاطوار ($m=3$) والثنائى الطبقات ، ذى المعطيات التالية : $z=48, 2p=8$ ، $y=5, a=1$ ولندرس فيما يلى بعض الخصائص للملفات من هذا النوع .

من المجموعات الوشائية للطور الاول



من المجموعات الوشائية للطور الاول



الشكل ٥٠ - المخططات المنشورة للملفات العقدية الثلاثية الاطوار والثنائية الطبقات ($2p \approx 8$) ،
 $(y = 5, z = 48)$:

أ - عندما $a = 1$ ، ب - عندما $a = 2$

قبل كل شيء ، ليس من الصعب ملاحظة أن عدد وشائع الملف
 الثنائي الطبقات يساوى لعدد المجارى . فبالفعل يقع فى كل مجرى
 جانبان فعالان للوشائع ، اى العدد الكلى للجوانب الفعالة فى الملف هو $2z$.
 وبما أن كل وشيعة تحتوى كذلك على جانبين فعالين ، فان كمية الوشائع
 فى الملف ستكون مساوية لـ $z : 2z/2 = z$ ، اى لعدد المجارى . ويكون
 عدد الوشائع بالنسبة لكل طور مساويا لـ $z/m = z/3$.

ولنجد عدد المجارى بالنسبة لكل قطب ولكل طور فى الملف :

$$q = z/(2pm) = 48/(8 \cdot 3) = 2$$

وقد ذكرنا فيما سبق ، ان الملفات التى يكون فيها q عددا زوجيا ، تكون كل مجموعة وشائعية فيها حاوية على q وشيعة . اما كمية المجموعات الشائعية فى طور الملف ، فيمكن تحديدها بتقسيم عدد الشائع فى الطور على عدد الشائع الموجودة فى كل مجموعة وشائعية ، اى :

$$z/(mq) = 48/(3 \cdot 2) = 8 = 2p$$

ويمكن القول بشكل آخر ان عدد المجموعات الشائعية فى الطور لدى الملفات الجارية دراستها يساوى لعدد الاقطاب . اما العدد الكلى للمجموعات الشائعية للملف k فهو سيكون أكبر بثلاث مرات ، اى $k = m \cdot 2p = 6p$.

ولنحدد الآن قيمة التقسيم القطبى τ . فبما ان الملف محسوب على $2p$ قطبا ، فان كامل دائرة القلب تحتوى على $2p$ تقسيمة قطبية ، وفى الوقت ذاته يوجد z مجرى على دائرة القلب . وبالتالي فان كل تقسيمة قطبية τ يوجد فيها عدد من المجارى يساوى $z/(2p)$ ، أى $\tau = z/(2p) = 48/8 = 6$. ولو كان لنفس الملف خطوة قطرية ، لكانت قيمتها $(y = \tau)$ ستة . اما فى المخطط المدرس فيوجد لدينا $y = 5$ ، اى ان الملف تم تنفيذه بالخطوة المقصرة ، بحيث ان معامل التقصير $k_y = y/\tau = 5/6 \approx 0,8$. ويؤدى مثل هذا التقصير للخطوة الى تحسين خواص المكنة بشكل فعال ، غير انه لا بد من زيادة عدد اللفات فى الشائع عند تقصير الخطوة ، وذلك لكى تصبح القوة المحركة الكهربائية المتولدة فيها بنفس القيمة التى تكون عند استخدام الخطوة القطرية .

ولندرس الآن مواضع الشائع والمجموعات الشائعية للملف ، وكذلك توصيلاتها ، لذا فلتتابع اولا تشكيل احد الاطوار ، مثلا الطور الاول . تتألف المجموعة الشائعية الاولى للطور الاول من وشيعتين موصولتين على التسلسل ، بحيث يشغل طرفاهما الفعلان الطبقة العلوية من المجريين ١ و ٢ ، والطبقة السفلية فى المجريين ٦ و ٧ . اما الطبقات العلوية للمجارى ٣ ، ٤ ، ٥ ، ٦ فهي تحتوى على شائع الطورين الآخرين . وتنشغل الطبقات

العلوية للمجريين ٧ و ٨ بوشائع الطور الاول ، الداخلة فى المجموعة الوشائية الثانية له . وتشغل وشائع هذه المجموعة الوشائية ايضا الطبقة السفلية للمجريين ١٢ و ١٣ . اما المجموعة الوشائية الثالثة للطور الاول فهى تشغل الطبقة العلوية للمجريين ١٣ و ١٤ وكذلك الطبقة السفلية للمجريين ١٨ و ١٩ .

وليس من الصعب ملاحظة أن الطبقات العلوية للمجريين الاولين المتجاورين فى الملف الجارى بحثه (بالحالة العامة q مجرى) تشغل بالجوانب الفعالة لوشائع احد الاطوار ، وفيما بعد يتكرر ذلك (على مسافة تعادل $2q$) . وتمتاز الطبقات السفلية للمجارى بنفس هذا التابع ، غير ان الانزياح بين الجوانب الفعالة لوشائع نفس الطور فى الطبقات العلوية والسفلية يساوى خطوة الملف y . ويجب تذكر هذه المفاهيم ، لانها تستخدم عند رسم مخططات الملفات الثنائية الطبقات ذات العدد الصحيح q . وتخرج بداية الطور الاول للملف الجارى بحثه من الطبقة العلوية للمجرى الاول ، اما نهاية الطور الاول فتخرج من الطبقة العلوية للمجرى الثالث والاربعين . وكما هو معروف ، يجب ان تبعد بداية الطور التالى عن بداية الطور السابق بمقدار $2\pi/3$ (١٢٠ درجة كهربائية) ، اى بمقدار $2 \times \pi/6 = 3/4$ مجار ، وبالتالي فان بداية الطور الثانى سوف تخرج من الطبقة العلوية للمجرى رقم ٥ ($5 = 4 + 1$) ، اما بداية الطور الثالث فتخرج من الطبقة العلوية للمجرى ٩ ($9 = 4 + 5$) . وتطبق نفس القاعدة على نهايات الاطوار ، ولذا فان نهاية الطور الثانى تخرج من الطبقة العلوية للمجرى ٤٧ ، حيث أن ($47 = 4 + 43$) ، اما نهاية الطور الثالث فتخرج من الطبقة العلوية للمجرى ٣ ، حيث أن ($3 = 48 - 4 + 47$) .

ولندرس الآن نظام تسلسل الوصل للمجموعات الوشائية فى أطوار الملف ، حيث توصل المجموعات الوشائية للطور الواحد ، فيما بينها على الشكل التالى : التيار المار عبرها يشكل $2p$ قطبا متتابعة بانتظام (فى حالتنا هذه ٨ أقطاب) . ولهذا الغرض يجب ان تكون اتجاهات التيارات متعاكسة فى المجموعات الوشائية المتجاورة ، اى اذا كان التيار فى المجموعة

الوشائية الاولى يمر فى الوشيجة باتجاه عقارب الساعة ، فانه يمر فى المجموعة الوشائية الثانية لنفس هذا الطور بعكس اتجاه عقارب الساعة ، وفى المجموعة الوشائية الثالثة يمر التيار مجدداً باتجاه عقارب الساعة ، وفى المجموعة الرابعة يمر بعكس اتجاه عقارب الساعة ، وهكذا دواليك . وسنحصل على اتجاهات التيارات هذه عند الوصل التسلسلى للمجموعات الوشائية ، اذا وصلنا نهاية المجموعة الوشائية الاولى (التي تخرج من الطبقة السفلية للمجرى ٧) مع نهاية المجموعة الوشائية الثانية (التي تخرج من الطبقة السفلية للمجرى ١٣) ، واذا وصلنا بداية المجموعة الوشائية الثانية (الطبقة العلوية للمجرى ٧) مع بداية المجموعة الثالثة (الطبقة العلوية للمجرى ١٣) ، وهكذا . وبكلمات اخرى ، يجب عند توصيل المجموعات الوشائية بالتسلسل فى مثل هذا الملف ، ان نوصل بداية مجموعة ما مع بداية المجموعة التالية ، وان نوصل نهاية تلك المجموعة مع نهاية المجموعة التالية .

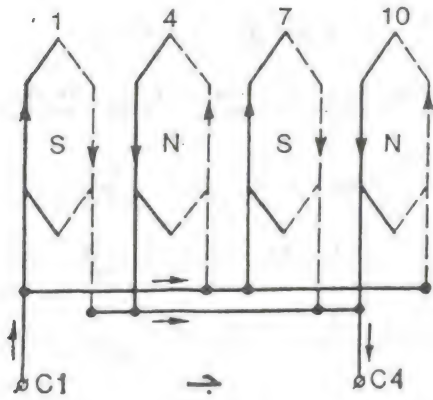
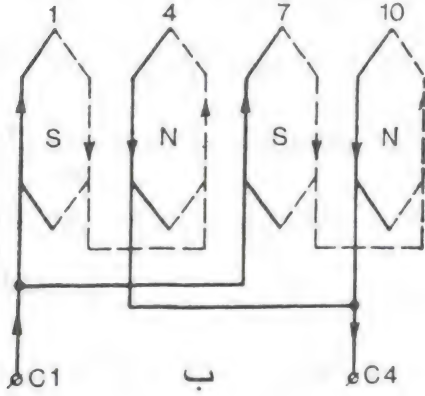
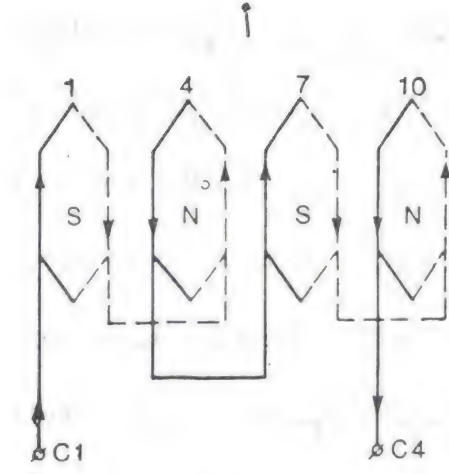
ويجب الانتباه ، الى أنه فى احد المجارى لكل تقسيمة قطبية فى ملفنا هذا (المجارى ٦ و ١٢ و ١٨ والخ) ، يكون اتجاهها التيارين فى الطبقتين العلوية والسفلية متعاكسين . وهذا ناجم عن تقصير الخطوة بمعدل مجرى واحد بالمقارنة مع الخطوة القطرية ، فاذا كان التقصير يعادل مجريين ، اى اذا كانت الخطوة تساوى ٤ ، فان الاتجاهات المتلاقية للتيارات تكون فى مجريين لكل تقسيمة قطبية . اما عند استخدام الخطوة القطرية فلن نحصل البتة على تيارات متلاقية الاتجاه فى نفس المجرى . ان مخطط الملف المدروس من قبلنا خال من الفروع المتوازية ($a=1$) . غير انه ، قد يحتاج الأمر الى وصل الملف على شكل عدة فروع متوازية ، وذلك تبعاً للمعطيات الحسابية للملف . وتظهر الحاجة لذلك عادة ، عند وجود تيارات عالية فى الطور .

ويبين الشكل ٥٠ ، ب مخططاً لملف مشابه للملف السابق ، ولكنه يحتوى على فرعين متوازيين فى الطور الواحد ($a=2$) .

اما الشكل ٥١ فيوضح مبدأ توصيل المجموعات الوشائية عند تشكيل الفروع المتوازية . وهنا توجد ثلاثة مخططات لتوصيل المجموعات الوشائية

الشكل ٥١ - مخططات توصيل المجموعات
الوشائية في طور الملف الثنائي الطبقات
والرباعي الاقطاب :

أ - على التسلسل عندما $a = 1$ ، ب - مختلط
عندما $a = 2$ ، ج - على التوازي عندما $a = 4$



لطور واحد في ملف رباعي الاقطاب .
فالشكل ٥١، أ يبين أن جميع المجموعات
الوشائية موصولة على التسلسل ، اما
الشكل ٥١ ، ب فيبين أنها موصولة
بفروعين متوازيين ، ويبين المخطط على
الشكل ٥١ ، ج انها موصولة بأربعة فروع
متوازية . وعند تشكيل الفروع المتوازية ،
يبقى اتجاه التيارات في المجموعات
الوشائية، وبالتالي قطبية الاقطاب في المجال
المغناطيسي، كما كان عند الوصل المتسلسل
للمجموعات الوشائية للملف . وان أكبر
عدد ممكن للفروع المتوازية في طور

الملف الثنائي الطبقات ، ذي العدد الصحيح q ، يكون مساويا لعدد

المجموعات الوشائية في الطور ، أي لعدد الاقطاب $a_{\max} = 2p$.

وبعد استيضاح الخواص الاساسية ومبادئ انشاء الملفات العقدية الثنائية

الطبقات ، لننشئ المخطط المنشور لمثل هذا الملف (الشكل ٥٢) مع

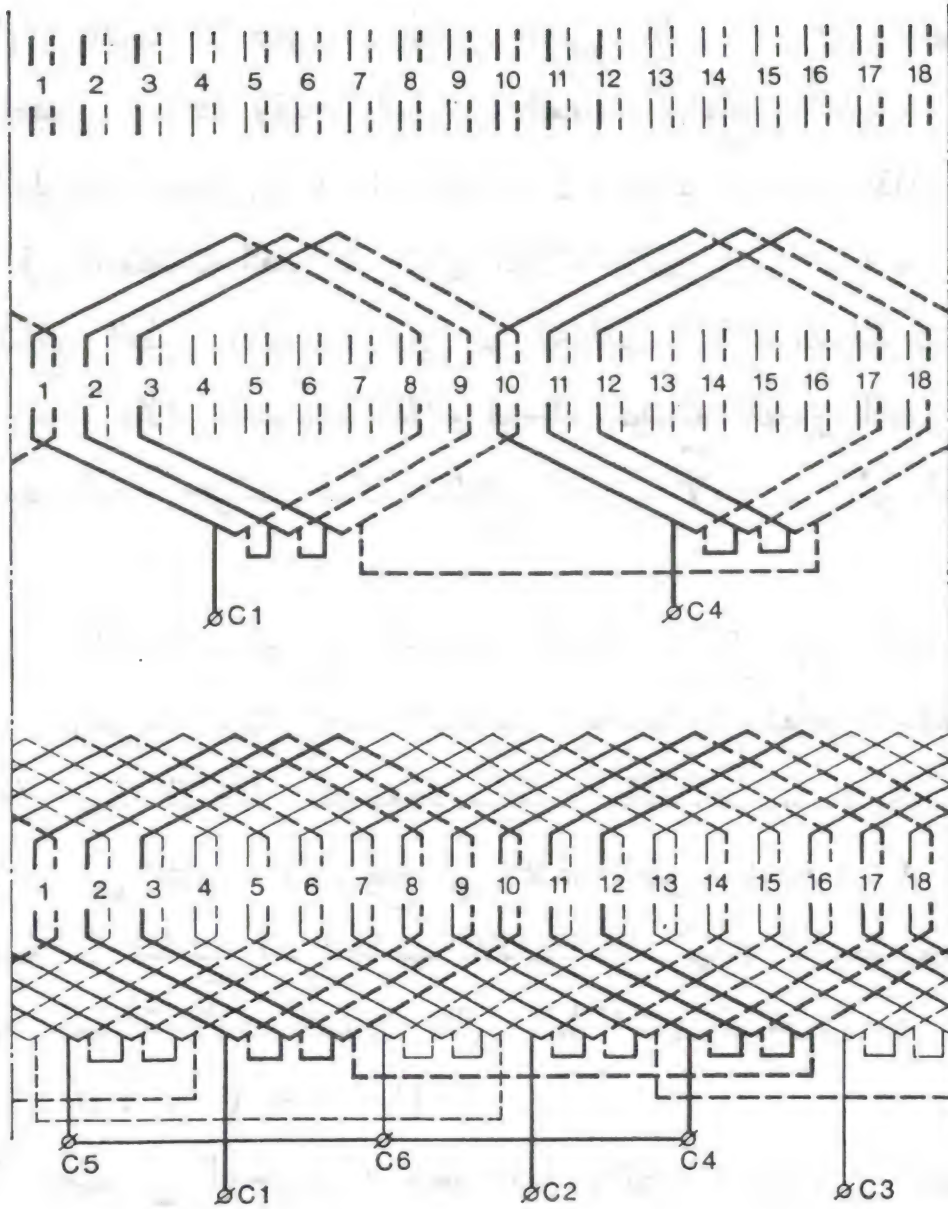
المعطيات التالية : $z = 18$ ، $2p = 2$ ، $a = 1$ ، $m = 3$.

ولنحدد اولاً عدد المجارى بالنسبة للقطب والطور : $q = z/(2pm) =$

$$= 18/(2 \cdot 3) = 3$$

ولنختار خطوة الملف ، ولهذا الغرض نجد التقسيمة القطبية : $\tau = z/(2p) =$

$$= 18/2 = 9$$



الشكل ٥٢ - رسم مخطط الملف العقدي الثلاثي الاطوار والثلاثي الطبقات ($z = 18$ ، $2p = 2$ ، $a = 1$) وتوصيل الاطوار بشكل نجمة Y

سوف ننفذ هذا الملف بالخطوة المقصورة ، بعد اتخاذ معامل التقصير $k_y \approx 0,8$. وتصبح خطوة الملف عندئذ $y = k_y \tau = 0,8 \times 9 = 7,2 \approx 7$. وهكذا ، نعتبر أن الخطوة المقصورة للملف تساوي ٧ ، أي اقل من الخطوة القطرية بتدريجتين سنيتين .

ولنرسم الآن ١٨ خطا شاقوليا مستمرا ، تعبر عن الجوانب الفعالة للوشائع الواقعة في الطبقات العلوية للمجاري ، ولنقطع وسط كل خط لنكتب في هذا المكان رقم المجري. ويجب ان نميز الخطوط التي تمثل الجوانب الفعالة للوشائع التي تنتمي الى اطوار مختلفة، عن بعضها البعض باللون مثلا :

الطور الاول باللون الاحمر ، والطور الثانى باللون الازرق، والطور الثالث باللون الاخضر . واذا وضعنا الجوانب الفعالة لوشائع الأطوار المختلفة فى الطبقات العلوية للمجارى ، فانه يجب الاسترشاد عندئذ بالقاعدة التالية :
نضع أولا فى الطبقات العليا للمجارى الثلاثة الاولى (بما ان $q=3$) الجوانب الفعالة لوشائع الطور الاول ، ومن ثم الجوانب الثلاثة الفعالة لوشائع الطور الثالث ، وبعد ذلك الجوانب الثلاثة الفعالة لوشائع الطور الثانى ، وبعدئذ نضع مجددا ثلاثة جوانب فعالة لوشائع الطور الاول ، ثم الطور الثالث والثانى .

ولنتقل الآن الى توزيع الجوانب الفعالة للوشائع فى الطبقات السفلية للمجارى . وسوف نمثل هذه الجوانب بخطوط متقطعة (منقطة) ، مع الحفاظ على الوان الاطوار المعتمدة سابقا . فاذا افترضنا ان الجانب الفعال للوشية الاولى من الطور الاول يقع فى الطبقة العلوية للمجرى ١ ، فانه ليس من الصعب ان نستنتج ان الجانب الفعال الثانى لهذه الوشية يجب أن يقع فى الطبقة السفلية (لان الملف ثنائى الطبقات) للمجرى ٨ (لأن خطوة الملف $y=7$ ، و $x=7+1=8$) .

والآن لنرسم فى المجرى ٨ خطا احمر متقطعا (الى يمين الخط المتصل) يمثل الجانب الفعال للوشية الاولى من الطور الاول ، الذى يقع فى الطبقة السفلية لهذا المجرى . وفيما بعد ، يتم توزيع الجوانب الفعالة للوشائع فى الطبقات السفلية للمجارى كما فى الطبقات العلوية : توضع فى المجارى الثلاثة ٨ و ٩ و ١٠ فى طبقاتها السفلية على التتابع ، الاطراف الفعالة لوشائع الطور الاول ، بحيث ترسم بخطوط متقطعة من اليمين وباللون الاحمر . أما فى الطبقات السفلية للمجارى الثلاثة التالية ، فتوضع الجوانب الفعالة لوشائع الطور الثالث ، التى ترسم ايضا من اليمين وبخط متقطع ولكن باللون الاخضر . ومن ثم فى المجارى الثلاثة التالية توضع الجوانب الفعالة لوشائع الطور الثانى التى تمثل بخطوط متقطعة من اللون الازرق ، ويلى ذلك مجددا ثلاثة مجار بالتتابع ترسم بخطوط متقطعة حمراء اللون ، وهكذا دواليك . والمرحلة التالية لوضع المخطط المنشور للملف ، هى تشكيل المجموعات

الوشائية لأحد الاطوار ، مثلا للطور الاول . فيما أن عدد المجارى فى حالتنا هذه بالنسبة للقطب والطور يساوى ثلاثة ($q=3$) ، فان كل مجموعة وشائية سوف تتألف من ثلاث وشائع . ويقع أحد جانبي الوشاعة الاولى للمجموعة الوشائية الاولى ، كما ورد اعلاه ، فى الطبقة العلوية للمجرى ١ ، اما جانبها الثانى فيقع فى الطبقة السفلى للمجرى ٨ (وذلك لأن $y=7$ ، ولأن $٨=٧+١$) . ويتم تمثيل الوشاعة على هيئة شكل سداسى يذكر بالشكل الحقيقى للوشاعة . وتمثل الاقسام الجبهية للوشائع بحيث ترسم انصاف الاقسام الجبهية المجاورة للجانب الفعال للوشاعة ، الواقع فى الطبقة العلوية للمجرى ، بخط متصل مثل الجانب الفعال ذاته ، اما انصاف الاقسام الجبهية المجاورة للجانب الفعال للوشاعة الواقع فى الطبقة السفلية فيرسم مثل الجانب الفعال ذاته بخط متقطع . وتمثل بنفس الطريقة الوشاعتان الاخرتان للمجموعة الوشائية ، الواقعتان على التتابع فى المجارى ٢-٩ و ٣-١٠ . ولتشكيل المجموعة الوشائية ، من الضرورى وصل الوشائع الثلاث على التسلسل ، اى يجب وصل نهاية الوشاعة الاولى ، الخارجة من الطبقة السفلية للمجرى ٨ ، مع بداية الوشاعة الثانية ، التى تدخل الى الطبقة العلوية للمجرى ٢ ، ويرمز لهذا الوصل بقطعة مستعرضة بين الاقسام الجبهية الموافقة ، المبينة على الجزء السفلى للمخطط . ونوصل بواسطة قطعة مستعرضة مشابهة نهاية الوشاعة الثانية ، الخارجة من الطبقة السفلية للمجرى ٩ ، مع بداية الوشاعة الثالثة الداخلة الى الطبقة العلوية للمجرى ٣ . وهكذا ، فقد تشكلت لدينا المجموعة الوشائية الاولى ، التى تخرج بدايتها من الطبقة العلوية للمجرى ١ ، وتخرج نهايتها من الطبقة السفلية للمجرى ١٠ . وتشكل بنفس الطريقة ايضا المجموعة الوشائية الثانية للطور الاول . ويتم اخراج بداية المجموعة الثانية من الطبقة العلوية للمجرى ١٠ ، اما نهايتها فتخرج من الطبقة السفلية للمجرى ١ . وبما أن الملف المعطى بقطبين ، فان الطور فيه يضم مجموعتين وشائيتين .

ولنبدأ الآن بتشكيل طور الملف ، وكان قد ورد اعلاه ان التتابع الصحيح للأقطاب فى الملف الثنائى الطبقات يكون فى تلك الحالة ،

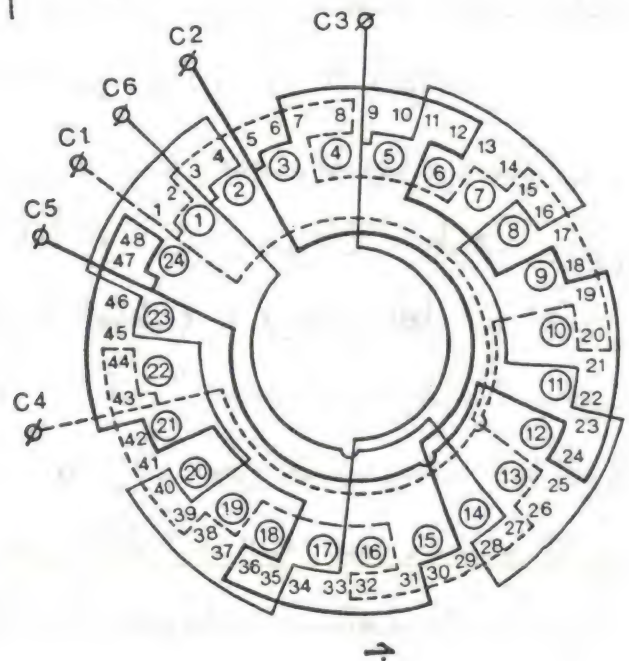
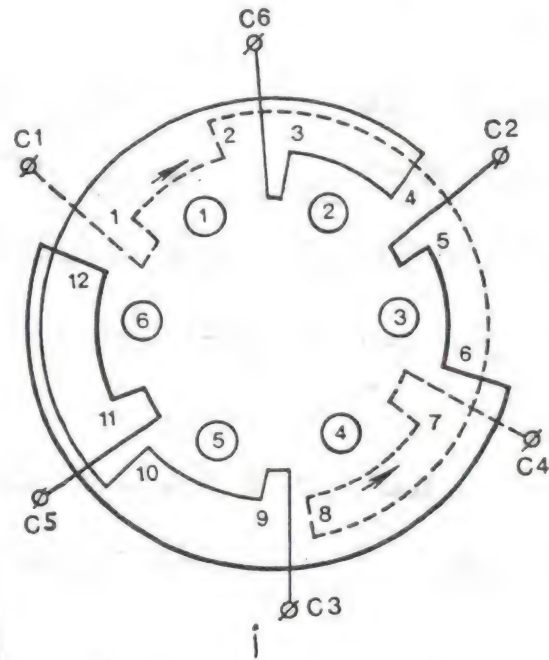
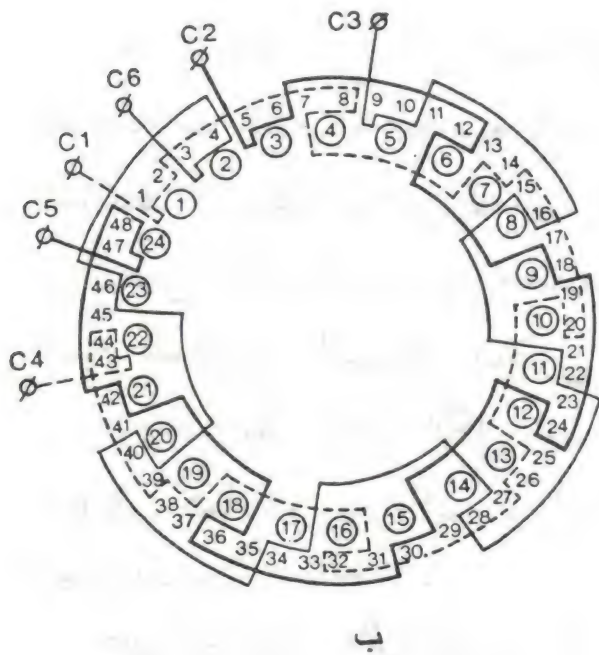
عندما توصل البداية مع البداية والنهاية مع النهاية لدى المجموعات الوشائية التى تشكل الاطوار . ففي الملف المعطى يحتوى الطور على مجموعتين وشائعتين فقط ، ولذا توصل نهاية المجموعة الاولى مع نهاية المجموعة الثانية . ونمثل ذلك بخط يصل المأخذ الخارج من الطبقة السفلية للمجرى ١٠ مع المأخذ الخارج من الطبقة السفلية للمجرى ١ .

ويجب ان لا يحتوى الملف المعطى على فروع متوازية ($a=1$) ، وكذلك يجب توصيل المجموعات الوشائية فى الطور الواحد على التسلسل . ولذلك ، فان بداية الطور الأول للملف ستكون هى بالذات بداية المجموعة الوشائية الاولى الخارجة من الطبقة العلوية للمجرى ١ ، وتكون نهاية الطور الاول للملف هى بداية المجموعة الوشائية الثانية لهذا الطور ، التى تخرج من الطبقة العلوية للمجرى ١٠ .

ويتم انشاء مخططات الطورين الثانى والثالث للملف تماما كما تم انشاء مخطط الطور الاول ، لذا لا يحتاج الامر هنا الى توضيحات خاصة . ونحدد فقط ارقام المجارى التى يجب ان تخرج منها بدايات ونهايات الطورين الآخرين . وكما هو معروف ، فان بداية الطور التالى فى الملف الثلاثى الاطوار يجب ان تبعد عن بداية الطور السابق بمقدار $2\pi/3$ ، اى فى حالتنا هذه $2 \times \pi/9 = \pi/3$ مجار . وبما أن بداية الطور الاول تخرج من الطبقة العلوية للمجرى ١ ، فان بداية الطور الثانى يجب ان تخرج من الطبقة العلوية للمجرى ٧ ($7=6+1$) ، اما بداية الطور الثالث فتخرج من الطبقة العلوية للمجرى ١٣ . ويتم اخراج نهاية الطور الثانى من الطبقة العلوية للمجرى ١٦ ($16=6+10$) ، اما نهاية الطور الثالث فتخرج من الطبقة العلوية للمجرى ٤ ($4=18-6+16$) .

وبعد القيام بشكل مستقل برسم عدة مخططات منشورة للملفات العقدية الثنائية الطبقات ، وبمعطيات مختلفة ($2p, z, a, y$) ، يمكن اكتساب المهارة فى رسم مثل هذه المخططات ، وهذا هام للغاية بالنسبة لعامل لف واصلاح وعزل المكنات الكهربائية ، وذلك لان ملفات المكنات الكهربائية من هذا النوع تصادف غالبا .

وعند انجاز الملفات العقدية الثنائية الطبقات ، والمؤلفة من وشائع
طرية ، لا تحضر عادة الوشائع على حدة وانما تحضر مجموعات وشائية
بأكملها و بشكل مسبق ، تكون الوشائع فيها موصولة مع بعضها على التسلسل .
ولا يرفع ذلك انتاجية العمل فقط ، وانما يسهل لحد كبير ايضا عملية
تجميع المخطط . وبما أن المجموعات الوشائية توضع بشكل جاهز في
القلوب ، فانها تعتبر العنصر الاساسي للملف ، الذي يتم التعامل معه عند
تنفيذ الوصلات . وتسمح هذه الظروف بامكانية استخدام ما يسمى بالمخططات
المبسطة للملفات ، حيث لا تكون الوشيجة هي العنصر الاساسي للمخطط ،
بل المجموعة الوشائية بأكملها . ويكون من المناسب رسم المخططات



الشكل ٥٣ - مخططات جانبية مبسطة
للملفات الثنائية الطبقات والثلاثية الاطوار :
أ - عندما $2p=2$ ، $a=1$ ؛
ب - عندما $2p=8$ ، $a=1$ ؛
ج - عندما $2p=8$ ، $a=2$.

المبسطة ، عند تنفيذ الملفات الكثيرة الاقطاب ، والموضوعة فى قلوب لها عدد كبير من المجارى ، حيث تكون المخططات المنشورة لمثل تلك الملفات معقدة للغاية وكبيرة الحجم ، ويحتاج رسمها لوقت كبير ، و من الصعب استخدامها عند تنفيذ اعمال الف .

ومن الجدير بالذكر ، انه عند تنفيذ الملفات الحاوية على وشائع جسيئة ، تحضر كل وشيعة وتوضع فى مجراها بشكل منفصل ، ولكن الشائع توصل فى بادئ الامر لتشكل مجموعات وشائعية ، وبعد ذلك فقط يتم تشكيل اطوار الملف من المجموعات الشائعية . وعلى هذا المنوال ، من الملائم هنا ايضا استخدام المخططات المبسطة بعد وصل الشائع على شكل مجموعات وشائعية .

هناك عدة انواع من المخططات المبسطة ، غير انه غالبا ما تستخدم المخططات المبسطة الجانبية باعتبارها أكثر وضوحا . ويبين الشكل ٥٣ ، أ المخطط المبسط الجانبى للملف ذى المعطيات التالية : $2p=2$ ، $a=1$ ، اى لنفس الملف الذى يبين مخطظه المنشور على الشكل ٥٢ . ولندرس كيفية انشاء المخطط المبسط الجانبى .

يحدد اولا العدد الكلى للمجموعات الشائعية k فى الملف ، وهو يساوى كما هو معروف ، لعدد الاقطاب مضروباً بـ ٣ . وفى حالتنا $k=2p \cdot 3=2 \cdot 3=6$.

ومن ثم ترسم دائرة وتقسم الى عدد من الاجزاء يساوى لعدد المجموعات الشائعية للملف ، اى فى حالتنا هذه تقسم الدائرة الى ٦ أجزاء .

وكل جزء من الدائرة و هى قوس قصيرة ، يمثل مجموعة وشائعية للملف . ويرسم طرفا كل قوس على المخطط ، كما لو انهما مطويان : طرف يحنى نحو مركز الدائرة (مأخذ من الطبقة العلوية للملف) ، ويحنى الطرف الآخر نحو الخارج (مأخذ من الطبقة السفلية) . وترقم المجموعات الشائعية بحيث يجرى العد حسب اتجاه عقارب الساعة ، ومن ثم تجزأ المجموعات الشائعية الى اطوار . وفى الحالة العامة ، كما هو متعارف عليه حسب نظام تتابع المناطق الطورية ، تنتسب الى الطور الاول المجموعات الشائعية ذات الارقام

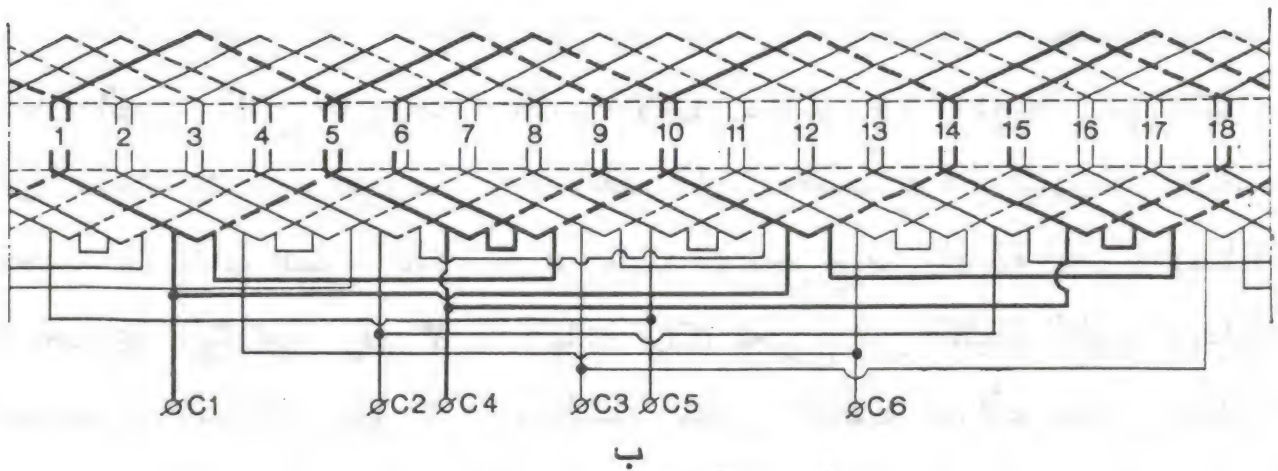
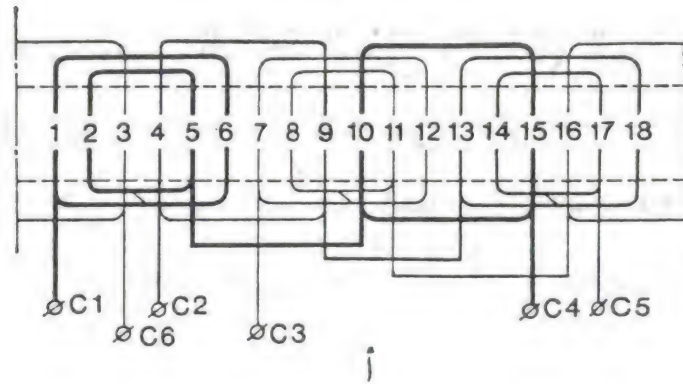
١ ، ٤ ، ٧ ، ١٠ والخ ، وتنسب الى الطور الثانى المجموعات الوشائية ذات الارقام ٣ ، ٦ ، ٩ ، ١٢ ، ١٥ والخ ، وتنسب الى الطور الثالث المجموعات الوشائية ذات الارقام ٥ ، ٨ ، ١١ ، ١٤ والخ ، بحيث ان المجموعة الوشائية الاخيرة سوف تحمل الرقم التسلسلى ٢ . وفى حالتنا هذه (للملف الثانى الاقطاب) تنتمى الى الطور الاول المجموعات الوشائية ١ و ٤ ، وتنتمى الى الطور الثانى المجموعات الوشائية ٣ و ٦ ، اما للطور الثالث فتتنمى المجموعات الوشائية ٥ و ٢ .

وبعد ذلك تبين على المخطط شرطيا اتجاهات التيارات المارة فى المجموعات الوشائية لاحد الاطوار ، وعادة للطور الاول . ويبين عادة اتجاه التيار شرطيا فى المجموعة الوشائية الاولى للطور الاول ، من البداية (المأخذ العلوى) حتى النهاية (المأخذ السفلى) ، اما اتجاه التيار فى المجموعة الوشائية التالية للطور الاول (رقمها المتسلسل ٤) فيجب ان يكون معاكسا ، اى من النهاية (المأخذ السفلى) حتى البداية (المأخذ العلوى) . وهكذا ، ففى ملفنا هذا يجب وصل المأخذ السفلى (النهاية) للمجموعة الوشائية رقم ١ مع المأخذ السفلى ايضا (النهاية) للمجموعة الوشائية رقم ٤ . وتعتبر بداية الطور الاول (C1) هى بداية (المأخذ العلوى) المجموعة الوشائية رقم ١ ، اما نهاية الطور الاول (C4) فهى بداية (المأخذ العلوى) المجموعة الوشائية رقم ٤ .

والآن لنجد موقع بدايات ونهايات الطورين الآخرين . يجب ان تبعد بداية الطور الثانى عن بداية الطور الاول بمقدار ١٢٠ درجة كهربائية ، اى بمقدار منطقتين طوريتين . واذا نظرنا الى المخطط ، فانه ليس من الصعب تحديد ان بداية الطور الثانى (C2) يجب ان تخرج من الطبقة العلوية (بداية) للمجموعة الوشائية رقم ٣ ، ونهايته (C5) تخرج من الطبقة العلوية (بداية) للمجموعة الوشائية رقم ٦ . وبالنسبة للطور الثالث سوف تخرج البداية (C3) من الطبقة العلوية (بداية) للمجموعة الوشائية رقم ٥ ، اما نهايتها (C6) فتخرج من الطبقة العلوية (بداية) للمجموعة الوشائية رقم ٢ . ويبين توصيل اطوار الملف فى القسم المركزى للمخطط الجانبى المبسط ،

بحيث تمثل المجموعات الوشائية هنا اصطلاحيا على هيئة دوائر صغيرة .
ويبين الشكل ٥٣ ، ب ، ج المخططات الجانبية المبسطة للملفات
التي كانت مخططاتها المنشورة مبينة على الشكل ٥٠ ، أ ، ب . تعتبر
المخططات المبسطة الجانبية ذات صفة عمومية ، اى سوف ترافق دوما هذا
النوع من الملفات (عند وجود عدد معين من الاقطاب والفروع المتوازية)
بغض النظر عن خطوة الملف وعدد مجارى القلب الذى توضع فيه .

ملفات ذات عدد كسرى للمجارى المنسوبة لكل قطب وطور (عدد q
كسرى). تستخدم هذه الملفات غالبا فى الاعضاء الساكنة للمولدات
المتزامنة عندما تكون $q < 3$. وتساعد مثل هذه الملفات هنا ، على تقارب
منحنى القوة الدافعة الكهربائية المتحرضة ، من المنحنى الجيبى . ويتم السعى
لتجنب الملفات ذات العدد الكسرى q فى الاعضاء الساكنة للمحركات
اللامتزامنة ، وذلك لان استخدامها مرتبط ببعض الاخلال بالتماثل (التناظر)



الشكل ٥٤ - ملفات ثلاثية الاطوار بعدد كسرى q :

أ - ملف أحادى الطبقة عندما $z = 18$ ، $2p = 4$ ، $q = 1\frac{1}{2}$ ، $a = 1$ ؛ ب - ملف ثنائى
الطبقات عندما $z = 18$ ، $2p = 4$ ، $q = 1\frac{1}{2}$ ، $a = 2$

للمجال المغناطيسي الذي تولده المكنة . غير انه عند اعادة لف المحركات مع تغيير عدد الدورات (عدد آخر للأقطاب) ، تنشأ احيانا ضرورة استخدام الملفات ذات العدد الكسرى q .

يمكن ان تكون الملفات ذات العدد الكسرى q بطبقة واحدة او بطبقتين . وفي الوقت الحاضر حظيت الملفات الثنائية الطبقات بالاستخدام الأكبر ، ويمكن تنفيذها بسهولة مهما كانت قيمة q عددا كسريا . وقد ذكرنا سابقا ان عدد المجارى بالنسبة للقطب والطور q ، يدل في نفس الوقت على كمية الشوائب الموجودة في المجموعة الشائعية . فاذا كانت q عبارة عن عدد صحيح ، فان كل مجموعة وشائعية في الملف يجب ان تضم عدد q من الشوائب ، اما اذا كانت q عددا كسريا ، فان المجموعات الشائعية سوف تضم عددا مختلفا من الشوائب ، وبشكل متوسط فان كل مجموعة وشائعية تضم q وشيعة .

وعند رسم مخططات الملفات ذات العدد الكسرى q ، من الضروري توزيع المجموعات الشائعية الحاوية على عدد مختلف من الشوائب ، بين الاطوار بحيث تكون اطوار الملف متناظرة . ولندرس ، على سبيل المثال ، المخطط المنشور المبين على الشكل ٥٤ ، أ للملف المتمركز الأحادي الطبقة ، والرباعى الاقطاب ثلاثى الاطوار، الموضوع فى قلب يحتوى على ١٨ مجرى ($a=1$ ، $z=18$ ، $2p=4$ ، $m=3$) .

ولنحدد عدد المجارى بالنسبة للقطع والطور q : $q = z/(2pm) = 18/(4 \cdot 3) = 1\frac{1}{2}$.

بما ان الملف الجارى بحته أحادي الطبقة ، فان كل وشيعة فيه تشغل مجريين ، فان العدد الاجمالى للشوائب يساوى ٩ ، وسيحتوى كل طور على ثلاث شوائب . ومن المعروف أن عدد المجموعات الشائعية فى كل طور من اطوار الملف الأحادي الطبقة يساوى لعدد ازواج الاقطاب ، لذا ينتج انه فى حالتنا هذه ($p=2$) يتألف طور الملف من مجموعتين وشائعتين ، وبما ان الطور يحتوى على ثلاث شوائب فقط ، فان احدى المجموعتين سوف تضم وشيعتين (المجموعة الشائعية الكبيرة) اما المجموعة

الثانية فسوف تضم وشيعة واحدة (المجموعة الوشائية الصغيرة) . والملف بكامله يتألف من ست مجموعات وشائية ، ثلاث منها (كبيرة) تضم كل منها وشيعتين ، وثلاث مجموعات اخرى (صغيرة) تضم كل منها وشيعة واحدة .

ويبين الشكل ٥٤ ، ب المخطط المنشور للملف الثنائي الطبقات ، والمنفذ حسب المعطيات التالية: $m=3$ ، $2p=4$ ، $z=18$ ، $a=2$. وهنا ، كما في الحالة السابقة لدينا : $q = z/(2pm) = 18/(4 \cdot 3) = 1\frac{1}{2}$. غير انه يكون العدد الاجمالى للوشائع فى الملفات الثنائية الطبقات مساويا لعدد المجارى z ، اما عدد المجموعات الوشائية فى الطور فهو يساوى عدد الاقطاب $2p$. ولذلك فان الملف قيد البحث يتألف من ١٨ وشيعة ، اى ست وشائع لكل طور ، اما عدد المجموعات الوشائية فى الطور فهو ٤ ، بحيث ان مجموعتين فى الطور تتألف كل منهما من وشيعتين ، والمجموعتين الاخريتين تتألف كل منهما من وشيعة واحدة . ويتألف كل فرع من الفرعين المتوازيين ($a=2$) من مجموعتين وشائعتين موصولتين على التسلسل ، احدهما (مجموعة كبيرة) تتألف من وشيعتين ، والاخرى (مجموعة صغيرة) تتألف من وشيعة واحدة .

يمكن لف الملفات ذات العدد الكسرى q من وشائع مستقلة ، وكذلك من مجموعات وشائية ملفوفة بسلك متصل .

وليس من الصعب ان نرى من الامثلة الواردة اعلاه ان الفرق الاساسى بين الملفات ذات العدد الصحيح او العدد الكسرى q ، ينحصر فى ان الملفات الاخيرة يتم تجميعها من مجموعات وشائية تحتوى على عدد غير متساو من الوشائع . ولكى نراعى تماثل الملف عندئذ ، يجب ان يتواجد فى كل طور وكل فرع مواز نفس العدد من المجارى . وتضم عادة الملفات ذات العدد الكسرى q مجموعات وشائية من النوعين : النوع الاول يضم المجموعات الصغيرة التى يساوى عدد الوشائع فيها الى العدد الصحيح الموجود فى q ، والنوع الثانى يضم المجموعات الكبيرة التى يزيد عدد الوشائع بمقدار وشيعة واحدة .

فمثلا ، اذا كان $q = 1\frac{1}{2}$ ، كما في الملفات المدروسة اعلاه ، فان نصف المجموعات الوشائية يكون من المجموعات الصغيرة وتتألف كل منها من وشيعة واحدة ، اما النصف الآخر فيتألف من المجموعات الكبيرة التي تتألف كل منها من وشيعتين ، بحيث تتناوب المجموعات الوشائية الكبيرة والصغيرة .

اما اذا كان لدينا $q = 2\frac{1}{2}$ ، فان المجموعات الوشائية الصغيرة تحتوى على وشيعتين ، اما المجموعات الوشائية الكبيرة فتحتوى كل منها على ثلاث وشائع ، بحيث ان عدد المجموعات الوشائية الكبيرة والصغيرة متساو ، وهي تتوزع على القلب بالتناوب .

وتكون الكمية المتوسطة من الوشائع المنسوبة لكل مجموعة وشائية في المثالين المدروسين اعلاه ، مساوية للعدد q . وبما ان الملفات في الحالتين تتألف من عدد متساو من المجموعات الكبيرة والصغيرة ، فان العدد المتوسط للوشائع المنسوب للمجموعة الوشائية في الحالة الاولى يساوى $(1 + 2)/2 = 1\frac{1}{2}$ ، وفي الحالة الثانية $(2 + 3)/2 = 2\frac{1}{2}$.

ونحصل على مثل هذا الترافق البسيط نسبيا للمجموعات الوشائية عندما يكون نصفها عبارة عن مجموعات كبيرة والنصف الآخر عبارة عن مجموعات صغيرة ، بحيث انها تتناوب على القلب ، فقط في تلك الحالة عندما يكون الجزء الكسرى في العدد q يساوى $1/2$.

ولندرس مثالا اعقد لملف ثلاثي الاطوار ثنائي الطبقات يتمتع بالمعطيات التالية: $z = 72$ ، $2p = 10$ ، فيكون لدينا بالنسبة لهذا الملف $q = z/(2pm) = 72/(10 \cdot 3) = 2\frac{2}{5}$.

ويمكن في الحالة العامة كتابة العدد الكسرى q على هيئة مجموع العدد الصحيح والكسر : $q = b + c/d$ ، حيث تكون $b = 2$ ، $c = 2$ ، $d = 5$ في مثالنا هذا .

كما ذكر اعلاه ، تتألف المجموعات الوشائية الصغيرة في الملفات ذات العدد الكسرى q ، من كمية من الوشائع تعادل العدد الصحيح للعدد الكسرى q ، اى في حالتنا تتألف من وشيعتين ، باعتبار $b = 2$ ، اما

عدد الشائع في المجموعات الشائعية الكبيرة فيكون أكبر بواحد مما في المجموعات الشائعية الصغيرة ، اي يساوي $b + 1$. وبالتالي فان كل من المجموعات الشائعية الكبيرة في ملفنا هذا تحتوى على ثلاث شائع .

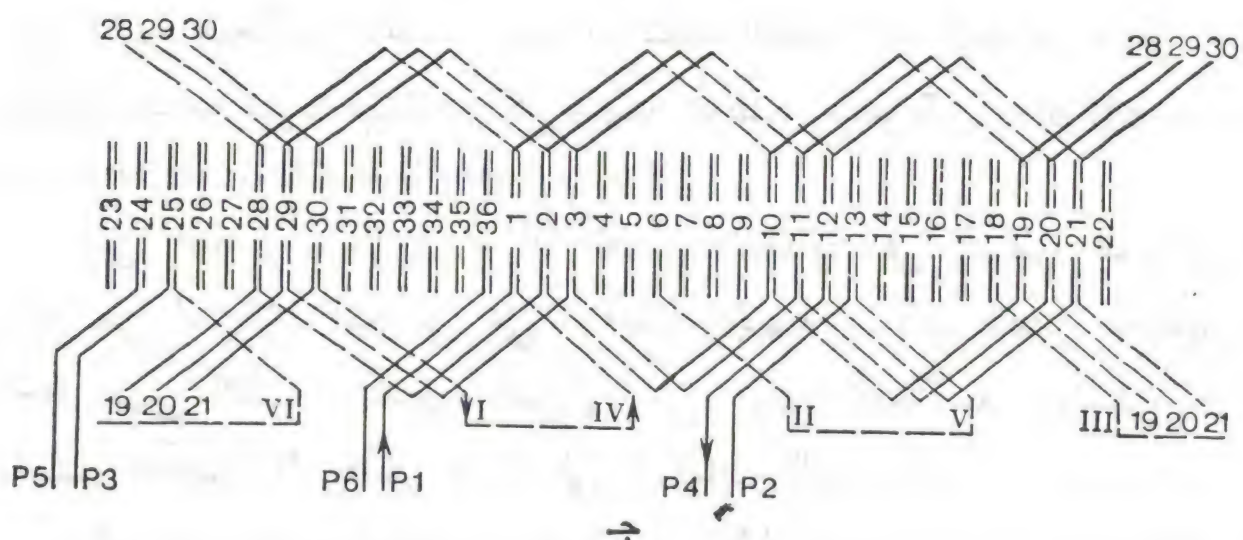
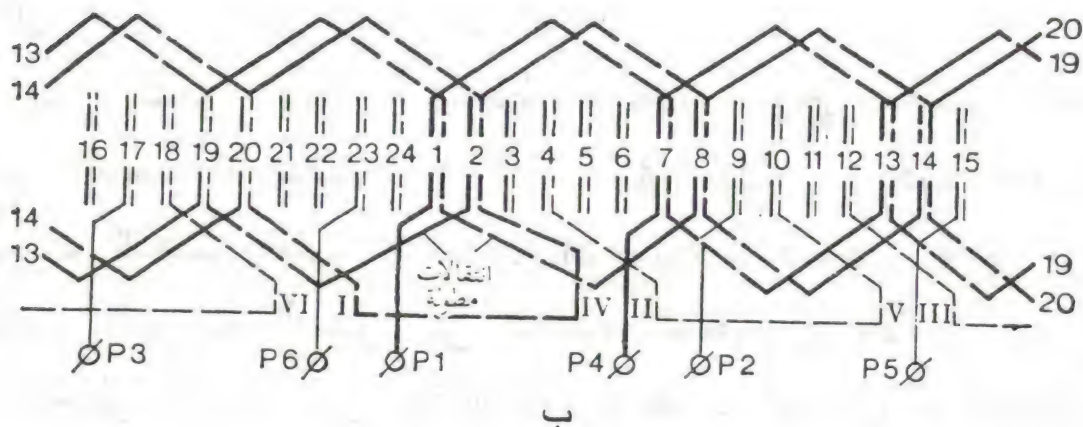
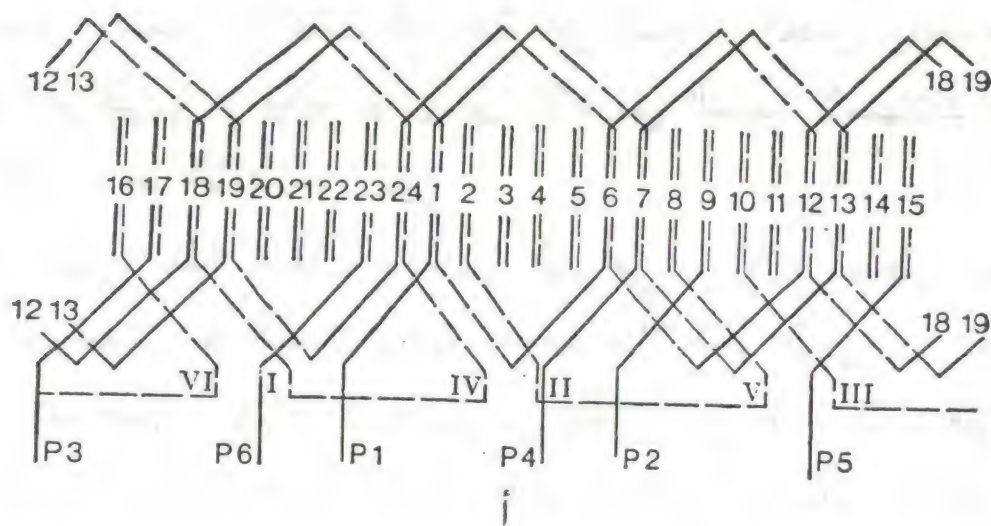
تحدد النسبة بين كمية المجموعات الشائعية الكبيرة والصغيرة في الملف بأكمله وفي كل طور من اطواره باعتبارها متناظرة ، بواسطة الجزء الكسرى للعدد q . وبالفعل ، كي نحصل على الجزء الكسرى للعدد q الذي يساوي c/d ، لابد ان يكون لدينا c مجموعة كبيرة و $d - c$ مجموعة صغيرة من اصل d مجموعة شائعية توجد في الملف . وهذا يعنى بالنسبة لمثالنا ، انه اذا اخذنا كل خمس ($d = 5$) مجموعات شائعية للملف بكامله او احدى اطواره ، فان مجموعتين وشائعتين منها ($c = 2$) تكون كبيرة وتضم كل منها ثلاث شائع ($b + 1 = 2 + 1 = 3$) ، اما المجموعات الشائعية الثلاثة ($d - c = 5 - 2 = 3$) فتكون صغيرة تحتوى كل منها على وشيعتين ($b = 2$) .

وان نظام تناوب المجموعات الشائعية الكبيرة والصغيرة ضمن الفئة المؤلفة من d مجموعة شائعية (في حالتنا $d = 5$) ، ليست له اهمية خاصة ، ويمكن اخذه بشكل اختياري . غير انه يتم السعى عادة الى تناوب المجموعات الشائعية الكبيرة والصغيرة بشكل منتظم قدر الامكان ، مثلا كما يلي في حالتنا هذه : (٢ - ٣ - ٢ - ٣ - ٢) . ويدل الرقم ٢ أو ٣ في هذه الكتابة على كمية الشائع الموجودة في المجموعة الشائعية المعطاة . أما التجميع الفتوى نفسه (وهو مبين ضمن قوسين) المؤلف من d مجموعة شائعية فيسمى بدور التناوب .

وبما ان الملف المدروس ثنائى الطبقات ، لذا فان كمية المجموعات الشائعية في كل طور من اطواره تساوى لعدد الاقطاب $2p$ ، اي تساوى ١٠ . وبالتالي فان كل طور من اطوار الملف يحتوى على دورين للتناوب ، ويحتوى الملف بأكمله على ستة ادوار للتناوب .

وبعد اختيار نظام معين لتناوب المجموعات الشائعية ضمن الدور ، يتم تكراره عددا من المرات يعادل نتيجة قسمة كمية المجموعات الشائعية في الملف على العدد d ، اي من اجل الملف ثنائى الطبقات ($3 \cdot 2p/d$)

مرة . فمثلا في حالتنا هذه يكون التناوب الكامل للمجموعات الوشائية
على دائرة العضو الساكن على الشكل التالي : (2-3-2-3-2)
(2-3-2-3-2) (2-3-2-3-2) (2-3-2-3-2) (2-3-2-3-2) .



الشكل ٥٥ - الملفات الموجية الثنائية الطبقات :

أ - المزودة بانتقالات مقصرة (24 = z ، 4 = 2p ، 1 = a) ، ب - المزودة بانتقالات مطولة
(24 = z ، 4 = 2p ، 1 = a) ج - المزودة بانتقالات مطولة ومقصرة (36 = z ، 4 = 2p ، 1 = a)

الملفات الموجية الثنائية الطبقات ، تستخدم غالبا في الاعضاء الدوارة للمحركات المتزامنة الضخمة المزودة بحلقات تماس ، لأنها تسمح بإمكانية تثبيت الاقسام الجبهية بشكل مضمون وبسيط نسبيا . وتستخدم هذه الملفات ايضا في الاعضاء الساكنة للمكنات الضخمة الثلاثية الاطوار والعاملة بالفلطية المنخفضة . وتمتاز الملفات الموجية عن الملفات العقدية بانعدام الوصلات بين الوشائع تقريبا ، وهذا يؤدي الى الانقاص الشديد لاستهلاك النحاس في حال كون عدد الاقطاب كبيرا .

وقد سمي هذا الملف بالملف الموجي ، لاننا نضطر عند مراجعته حسب المخطط مع التحرك بجهة واحدة مثلا نحو اليمين ، للقيام بحركة متعرجة (موجية) . وتكون الملفات من هذا النوع عادة ذات قلوب ، وهي تصنع من الاسياخ النحاسية العارية ذات المقطع المستطيل الشكل ، المعنية بشكل معين ، والتي تلف بمواد عازلة .

يبين الشكل ٥٥ ، أ مخطط الملف الموجي للعضو الدوار الذي يتمتع بالمعطيات التالية : $z=24$ ، $2p=4$. ويكون عدد المجارى المنسوب للقطب والطور $q = z/(2pm) = 24/(4 \cdot 3) = 2$. عادة ما يتم في الملفات الموجية التمييز بين الخطوة الخلفية y_1 والامامية y_2 ، حيث تنفذ الخطوة الامامية من جهة المآخذ (حلقات التماس) ، والخطوة الخلفية من الجهة المعاكسة للقلب . وقد تم تنفيذ الملف قيد البحث بخطوة امامية وخلفية متساويتين ، وتساوى كل منهما الخطوة القطرية : $y = \tau = z/(2p) = 24/4 = 6$ ، $y = \tau = mq = 3 \cdot 2 = 6$.

ومن الجدير بالذكر ، ان تقصير الخطوة في الملف الموجي لا يقلل من استهلاك النحاس على الاقسام الجبهية ، لأن تقصير الخطوة من احد جهتي القلب يستدعى تطويلها من الجهة المعاكسة . ولذلك ، فان تقصير الخطوة لا يطبق عمليا في الملفات الموجية .

وقد تم سحب المآخذ لبداية الطور الاول في الملف الجارى بحثه على الشكل ٥٥ ، أ من القضيب العلوى للمجرى ١ . وبما ان خطوة الملف $y=6$ والملف ثنائى الطبقة ، فان القضيب العلوى الموجود فى المجرى

١ يتصل عند الجانب الخلفى للقلب مع القضيب السفلى الكائن فى المجرى ٧ . وبعد ذلك يتصل القضيب السفلى فى المجرى ٧ عند الجانب الامامى للقلب مع القضيب العلوى فى المجرى ١٣ . والوصلة التالية تكون بين القضيب العلوى فى المجرى ١٣ و بين القضيب السفلى فى المجرى ١٩ . فاذا تابعنا انشاء الملف مع الحفاظ الدقيق على الخطوة القطرية ($y=\tau=6$) ، فانه يجب توصيل القضيب السفلى فى المجرى ١٩ عند الجانب الامامى للقلب مع القضيب العلوى فى المجرى ١ ($1=24-6+19$) . وعندئذ يحدث انغلاق دائرة الملف على ٤/١ جزء من النواقل الموجودة فى الطور المعطى . ولكى نتجنب حدوث ذلك عند التقارب نحو المجرى الذى بدأ منه الملف ، اى عند انتهاء دورة واحدة للملف حول القلب ، يجب تقصير او تطويل خطوة الملف بمقدار مجرى واحد . وبالتالي يدعى الملف بالملف الحاوى على انتقالات مقصرة او مطولة .

وقد تم تنفيذ الملف الجارى بحثه بالانتقالات المقصرة ، ولذلك يوصل هنا القضيب السفلى فى المجرى ١٩ مع القضيب العلوى فى المجرى ٢٤ . وفيما بعد تجرى الدورة الثانية للملف حول القلب بجوار الدورة الاولى ، حيث يوصل القضيب العلوى فى المجرى ٢٤ مع القضيب السفلى فى المجرى ٦ الذى يوصل بعدئذ مع القضيب العلوى فى المجرى ١٢ ، وهذا بدوره يوصل مع القضيب السفلى فى المجرى ١٨ .

وبعد القيام بدورتين حول القلب (فى الحالة العامة عدد q من الدورات) نكون قد وصلنا ضمن الملف فقط نصف النواقل الموجودة فى الطور المعطى . وتشكل الوصلات المنفذة «تموجات» كما لو انها عبارة عن انصاف لفات الملف . ولكى تتشكل اللفات الكاملة وتدخل جميع النواقل ضمن الملف ، يتم تنفيذ وصلة انتقالية تسمح بالدوران حول القلب فى الاتجاه المعاكس . ولهذا الغرض يوصل القضيب السفلى للمجرى ١٨ فى ملفنا هذا مع القضيب السفلى للمجرى ٢٤ بمساعدة وصلة انتقالية I-IV ، توجد على الجانب الامامى للقلب .

وفيما يلى يقوم عامل اللف بانجاز q دورة (فى حالتنا $q=2$) فى

الاتجاه المعاكس وبنفس الخطوة $y=6$ مع الانتقالات المقصورة عند انتهاء كل دورة حول القلب . وعلى هذا المنوال يوصل القضيب السفلى للمجرى ٢٤ عند الجانب الخلفى للقلب مع القضيب العلوى للمجرى ١٨ (وذلك لأن $y-24=6-18=18$) ، الذى يوصل بدوره مع القضيب السفلى للمجرى ١٢ ، وهو بدوره يتصل مع القضيب العلوى للمجرى ٦ ، وهكذا تنتهى دورة واحدة حول القلب بالاتجاه المعاكس . والآن نقوم بانتقال مقصر عن طريق توصيل القضيب العلوى للمجرى ٦ مع القضيب السفلى للمجرى ١ . وفيما بعد تنفذ الدورة الثانية حول القلب مع مراعاة الخطوة القطرية $y=\tau=6$. ولهذا الغرض يوصل القضيب السفلى للمجرى ١ مع القضيب العلوى للمجرى ١٩ ، وهذا بدوره يوصل مع القضيب السفلى للمجرى ١٣ ، الذى يوصل مع القضيب العلوى للمجرى ٧ . ويتم سحب المأخذ لنهاية الطور الأول ، من النهاية الثانية - من الجهة الامامية للقلب - للقضيب العلوى فى المجرى ٧ .

واذا درسنا المخطط المبين على الشكل ٥٥ ، أ حيث يظهر توزيع القضبان لطور واحد فى الملف الموجى ، فانه ليست من الصعب ملاحظة أن الطور كأنه يتألف من اربع ($2p=4$) مجموعات وشائعية ، كل مجموعة منها تضم وشيعتين ($q=2$) .

وبين الشكل ٥٥ ، ب مخطط الملف الموجى الثنائى الطبقة الذى يتمتع بالمعطيات التالية : $z=24$ ، $2p=4$ ، ولكنه خلافا للملف السابق يضم انتقالات مطولة ، و يحتوى على فرعين متوازيين ($a=2$) . وتستخدم الملفات ذات الانتقالات المطولة بشكل أندر من استخدام الملفات ذات الانتقالات المقصورة ، وذلك لانها تتطلب استهلاك كمية اكبر من نحاس اللف . غير أن الانتقالات المطولة تسمح عند اصلاح الملف باعادة الاستفادة من نفس النحاس ، مع تنفيذ ملف ذى انتقالات مقصورة . ولذلك ، فان بعض المصانع تنتج محركات لا متزامنة مزودة بمثل هذه الملفات على الاعضاء الدوارة .

ومن السهل تحديد فيما اذا كان الملف منفذا بانتقالات مطولة او مقصرة ، وذلك من شكل مخططه . فمثلا ، اذا كانت الانتقالات مقصرة ، فان كل دورة لاحقة للملف تزاح نحو اليسار عن الدورة السابقة ، وتقع بداية المجموعة الوشائية الى يمينها (انظر الشكل ٥٥ ، أ) . اما اذا كانت الانتقالات مطولة ، فان الدورات تزاح نحو اليمين ، وتقع بداية المجموعة الوشائية الى يسارها (انظر الشكل ٥٥ ، ب) .

ويتم اللجوء الى تنفيذ الفروع المتوازية في ملفات الاعضاء الدوارة ، بشكل رئيسي في تلك الحالات التي نحصل فيها على فلتية كبيرة جدا بين حلقات التماس ، عندما $a=1$. ومن الجدير بالذكر أن أقصى كمية ممكنة للفروع المتوازية في الملفات الموجية الثنائية الطبقات ذات العدد الصحيح q ، تكون مساوية لعدد الأقطاب $(a_{\max}=2p)$

ويبين الشكل ٥٥ ، ج مخطط ملف العضو الدوار بالمعطيات التالية : $z=36$ ، $2p=4$ ، $q=3$. ويمتاز هذا المخطط بان الدورات الاولى للملف حول القلب وعددها q (في حالتنا ثلاث دورات ، لأن $q=3$) تنفذ باستخدام انتقالات مطولة ، ومن ثم تنفذ الانتقالات المقصرة بعد الفاصلة المستعرضة (للطور الاول ، الفاصلة I—IV) ، اى عند الاتجاه المعاكس للدوران حول القلب . ويسمى مثل هذا الملف الحاوى على انتقالات مطولة ومقصرة ، وميزته هى انعدام تقاطع الفواصل المستعرضة مع مآخذ الاطوار ، وهذا أكثر ملاءمة عند تنفيذ الملف .

وكما ذكر اعلاه ، فان الملفات الموجية تستخدم غالبا في الاعضاء الطورية الدوارة للمحركات اللامتزامنة ، حيث لا يهمننا فقط التماثل (التناظر) الكهربائي للاطوار فحسب ، بل ويهمننا ايضا التطابق الادق قدر الامكان لمركز ثقل العضو الدوار مع محور عموده ، وذلك كى نتجنب ظهور الكتلة الكبيرة غير المتوازنة . ولذلك ، فعند تنفيذ ملفات الاعضاء الدوارة يتم السعى للتوزيع المنتظم لمآخذها وفواصلها المستعرضة على دائرة القلب . وعلى وجه الخصوص ، يتم السعى لتوزيع مآخذ بدايات اطوار بزاوية 120° ، كما هو مبين على المخططات فى الاشكال ٥٥ ، أ ، ب ، ج ، وتتوزع

بانتظام عندئذ على دائرة القلب ايضا مآخذ نهايات الاطوار والفواصل المستعرضة الموجودة فى اطوار الملف .

وبما ان الملفات المدروسة رباعية الاقطاب ($2p=4$) ، لذا فان 120° هنا تقابل $p=120$ اى $240=120 \times 2$ درجة كهربائية . ولكى لا يحدث خلل فى التناظر (التماثل) الكهربائى للملف ، فان بدايات اطواره يمكن ان تتراح بمقدار 120° و 240° درجة كهربائية ، وكذلك بمقدار 120° و 240° درجة كهربائية مضافا الى اى عدد صحيح مهما كان من المرات بمقدار 360° درجة كهربائية . وهكذا ، فان جميع الملفات التى درسناها لا تتمتع فقط بالتوزيع المتناظر لمآخذ الاطوار والفواصل المستعرضة على دائرة القلب ، بل وبالتوزيع المتناظر للاطوار فى المجال المغناطيسى للمكنة .

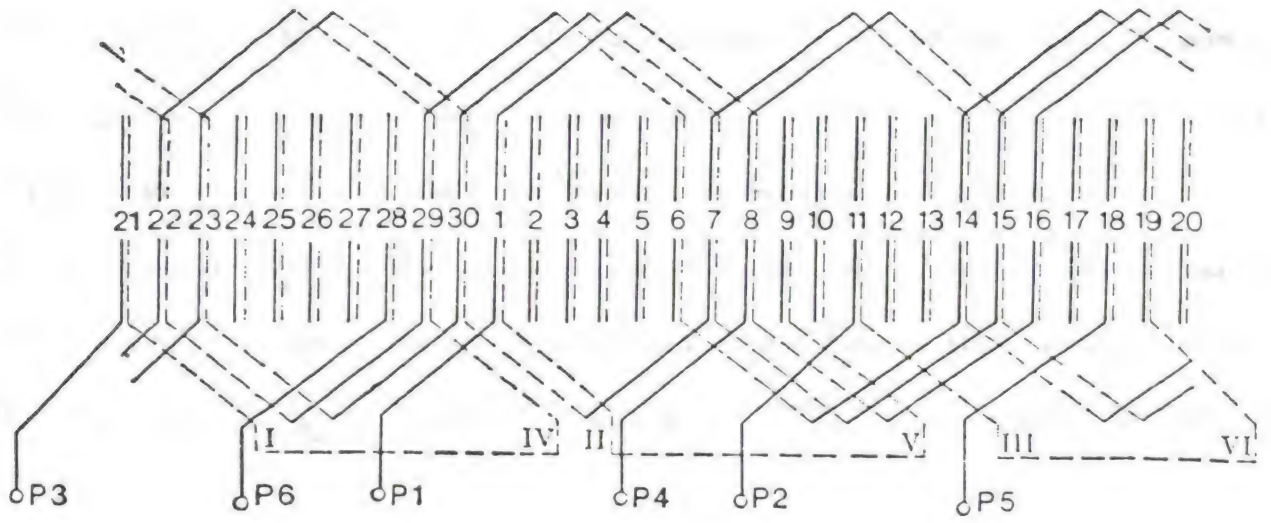
غير أنه لا يمكن أحيانا مراعاة التماثل الهندسى والكهربائى فى آن واحد . وهكذا ، فاذا كان عدد ازواج الاقطاب يساوى ثلاثة او مضاعفاتها ، فانه لا يمكن توزيع مآخذ الاطوار ، والفواصل المستعرضة على دائرة القلب بانتظام ، وذلك لان المناطق الطورية المزاحة بمقدار 120° بالنسبة لبعضها البعض تنتمى الى نفس الطور . وفى مثل هذه الحالات يرسم مخطط الملف مع مراعاة التماثل الكهربائى ، وتتراح مآخذ الاطوار بحيث تتوزع على دائرة القلب بشكل منتظم قدر الامكان .

لا تنفذ الملفات الموجية الشائبة الطبقات بالعدد الصحيح ل q فقط بل و بالعدد الكسرى ل q ، وغالبا ما يكون الجزء الكسرى له مساويا للنصف . ويتم اللجوء الى استخدام الملفات الموجية ذات العدد الكسرى q عند اعادة لف المحركات ذات الاعضاء الطورية الدوارة ، مع تغيير عدد الاقطاب . ويبين الشكل ٥٦ مخطط الملف ذى المعطيات التالية :

$$z=30 , 2p=4 , \text{ وهنا يكون العدد } q :$$

$$q = z/(2pm) = 30/(4 \cdot 3) = 2\frac{1}{2}$$

وقد ذكرنا اعلاه اننا لا نلجأ عادة فى الملفات الموجية الى تقصير الخطوة ، ونختارها مساوية للتقسيم القطبى τ . وبما أن $\tau = z/(2p) = mq$ ، فان



الشكل ٥٦ - ملف موجى مزود بانتقالات مقصرة وله عدد كسرى $(z = 30, 2p = 4)$
 $(y_2 \min = 7, y_2 = 8, y_1 = 7, q = 2^{1/2})$

في الملف الثلاثي الاطوار ، وبما ان $q = 2^{1/2}$ في ملفنا هذا ، فان التقسيم القطبي $\tau = 3 \cdot 2^{1/2} = 7^{1/2}$. غير انه ، يمكن التعبير عن الخطوة بعدد صحيح فقط ، ولهذا ففي الملفات الموجية ذات العدد الكسرى q نضطر لأخذ خطوتين مختلفتين : الخطوة الخلفية y_1 والخطوة الامامية y_2 .

وهكذا ، ففي الملف قيد البحث تكون الخطوة الخلفية $y_1 = 7$ اي تقصر بمقدار $2/1$ مجرى ، اما الخطوة الامامية $y_2 = 8$ ، اي تطول بنفس المقدار بالمقارنة مع الخطوة القطرية . ويكون متوسط الخطوة مساويا للخطوة القطرية : $(y_1 + y_2)/2 = (7 + 8)/2 = 7^{1/2} = \tau$.

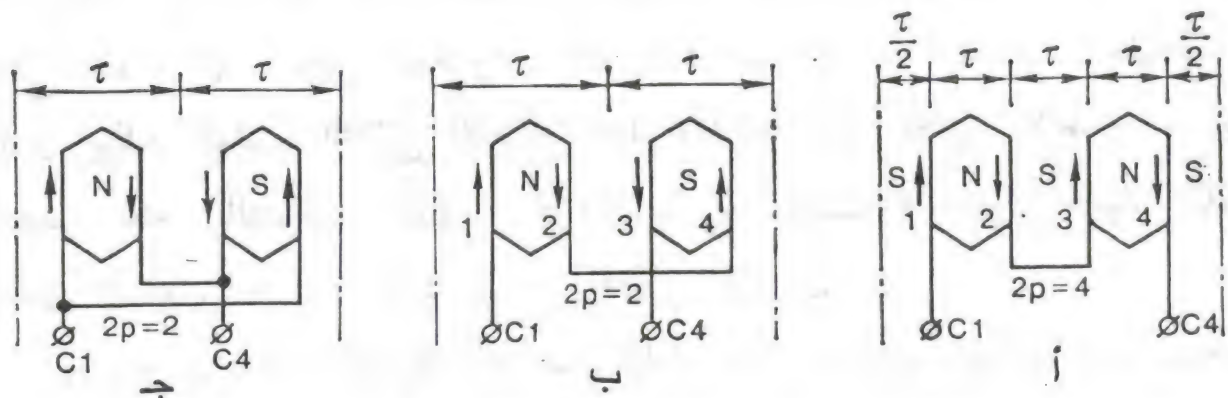
الملفات العديدة السرعات ، تستخدم في الاعضاء الساكنة للمحركات الكهربائية اللامتزامنة ، والمخصصة للحصول على عدة سرعات (عدد دورات جذع المحرك) . ومن المعروف ان عدد دورات n_c المجال المغناطيسي الذي يولده الملف الثلاثي الاطوار عند تغذيته بتيار ثلاثي الاطوار ، يتم التعبير عنه بالصيغة التالية : $n_c = 60f/p$ حيث f - تواتر التيار الذي يغذى الملف ؛ p - عدد ازواج اقطاب الملف .

ويبدو من هذه الصيغة انه عند ثبات تواتر الشبكة المغذية f ، يمكن التوصل الى تغيير عدد دورات المجال المغناطيسي عن طريق تغيير عدد

أقطاب الملف . فإذا كان مثل هذا الملف موضوعا في العضو الساكن لمحرك كهربائي غير متزامن ، يدور عضوه الدوار كما هو معروف بنفس عدد الدورات تقريبا ، الذي يدور به المجال المغناطيسي المتولد من قبل العضو الساكن (يكون التزحلق عادة ٢ - ٦٪) ، فانه عند تغير عدد الأقطاب لملف العضو الساكن ، تتغير بالمقابل سرعة العضو الدوار أيضا . ولهذا تسمى الملفات التي يتم فيها التحويل الى عدد مختلف من الاقطاب ، بالملفات العديدة السرعات .

هناك عدة انواع من الملفات العديدة السرعات وطرق متنوعة لتحويلها ، تعطى امكانية التغير بنسب مختلفة لعدد الاقطاب للمجال المغناطيسي الذي يولده الملف ، غير أن تلك الملفات التي يتغير فيها عدد الاقطاب الى الضعف عند التحويل فقد حظيت باوسع استخدام .

يبين الشكل ٥٧ المخططات التي توضح مبدأ مثل هذا التحويل . ويبين هنا بالنسبة لطور واحد من اطوار الملف ، كيفية تحويله من رباعي الاقطاب الى ملف ثنائي الاقطاب . وكما يبدو من الشكل ، يتولد المجال المغناطيسي الرباعي الاقطاب (الشكل ٥٧ ، أ) عند وصل الوشائع بالتوافق وعلى التسلسل ، ويتولد المجال المغناطيسي الثنائي الاقطاب عند وصل الوشائع بالتقابل وعلى التسلسل (الشكل ٥٧ ، ب) او عند الوصل على التوازي (الشكل ٥٧ ، ج) . وتستخدم هذه الطريقة على الاغلب في الملفات العديدة السرعات ، وتنحصر في انه تنقسم اطوار الملفات الى جزئين يتغير فيهما اتجاه التيار عند التحويل .

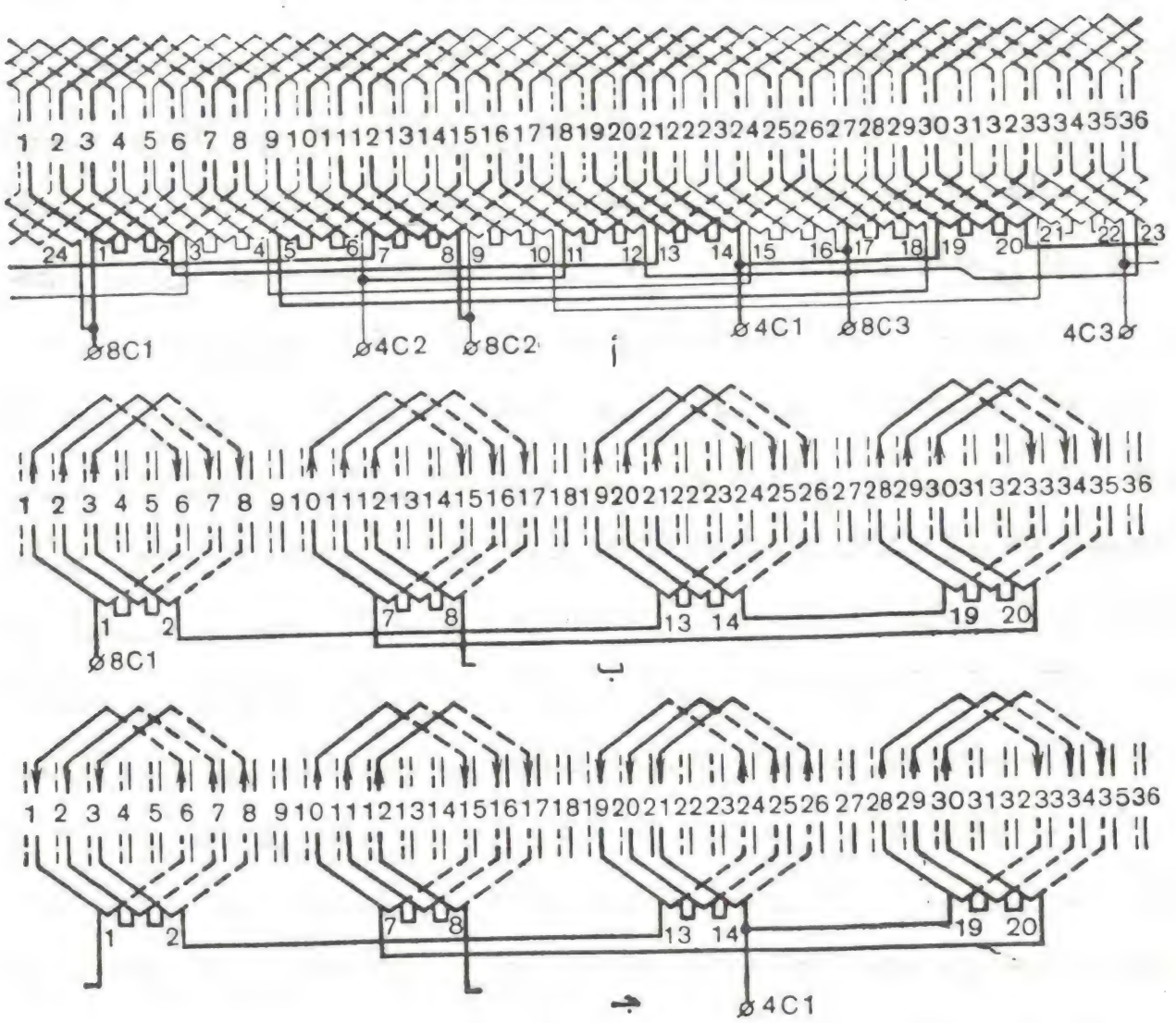


الشكل ٥٧ - مخططات مبدئية لوصل الملف على عدد مختلف من الاقطاب

وعند تمحص الشكل ٥٧ ، ليس من الصعب ملاحظة انه عندما يكون الملف موصولا على عدد اكبر من الاقطاب ، تكون خطوته قريبة من التقسيم القطبي τ ، اما عندما يتم تحويل الملف الى عدد اقل من الاقطاب ، فان خطوة الملف تصبح مقصرة جدا وقريبة من نصف التقسيم القطبي اى $\tau/2$. ومن الضروري ذكر خاصة اخرى للملفات ذات السرعتين : لكي لا يتغير اتجاه دوران المحرك الذى يعمل بالسرعتين : الكبيرة والصغيرة ، يجب عند تحويل الملف ان نقوم بتغيير نظام تتابع الاطوار ، اى تغيير اماكن («تصائب») طورين من أصل ثلاثة اطوار (اسلاك) الشبكة الموصولة مع الملف . وتنحصر القضية ، فى انه اذا كان عدد الاقطاب كبيرا كانت المسافة بين بدايات الاطوار فى الملف تعادل 120° درجة كهربائية ، اما عند الانتقال الى عدد اقل من الاقطاب بمرتين تصبح هذه المسافة مساوية الى 60° درجة كهربائية . ولكى تكون المسافة بين المآخذ الموافقة للاطوار 120° درجة كهربائية ايضا اذا كان عدد الاقطاب اقل ، يجب نقل بداية الطور الثانى الى مسافة أكبر بمرتين من السابق ، اى نقلها الى حيث كانت سابقا بداية الطور الثالث : واذا ناقشنا على هذا المنوال ، ليس من الصعب التأكد من أن بداية الطور الثالث بعد تحويل الملف تأتى الى المنطقة الطورية التى كانت تنتمى سابقا للطور الثانى .

ومن الجدير بالذكر ان الملفات العديدة السرعات تستخدم عادة فى الاعضاء الساكنة للمحركات اللامتزامنة الحاوية على اعضاء دوارة مقصرة (قفص السنجاب) ، لانه ليست ثمة ضرورة هنا لتحويل ملف العضو الدوار ، والا لأصبحت الممكنة معقدة للغاية .

ويبين الشكل ٥٨ مخطط الملف العقدى الثنائى الطبقات ثنائى السرعات ، الذى يمكن تحويله من ثمانية الى اربعة اقصاب $(2p=8/4)$. ويتغير عندئذ مخطط توصيل أطوار الملف من النجمة الى المثلث المزدوج (Δ/YY) ، ويتوزع الملف y ٣٦ مجرى $(z=36)$ ، وخطوة الملف $y=5(1-6)$. وعند وصل الملف على ثمانية اقطاب تكون خطوته مطوّلة ، وذلك لأن $\tau_8 = z/(2p) = 36/8 = 4\frac{1}{2}$ (اى $y > \tau_8$) . أما عندما يكون الملف موصولا



الشكل ٥٨ - مخطط منشور لملف ثنائي الطبقات مزدوج السرعة ($z = 36$ ، $2p = 8/4$ ، $a = 1$ ، وصل الاطوار Δ/YY):

أ- مخطط منشور عام، ب- وصل الملف على $2p = 8$ (يبين طور واحد)، ج- وصل الملف على $2p = 4$ (يبين طور واحد)

على اربعة اقطاب، يصبح التقسيم القطبي مساويا لتسعة ($\tau_4 = 36/4 = 9$)، وفي هذه الحالة تكون خطوة الملف أكبر بقليل من نصف التقسيم القطبي، أي مقصرة جدا.

ويبين الشكل ٥٨، أ المخطط العام المنشور للملف، أما الشكل ٥٨، ب، ج فيبين مخططات التوصيلات واتجاهات التيارات في الطور عند تشغيل الملف بالتتابع، على ثمانية واربعة اقطاب.

ويمكن تغيير عدد اقطاب المحرك ليس فقط بتركيب ملف واحد عديد السرعات على العضو الساكن، ولكن، كذلك بوضع ملفين مختلفين في

مجارى العضو الساكن . وان ترافق هذه الطرق يعطى امكانية الحصول على محركات لها عدد كبير من درجات ضبط السرعة . وان المحركات الثنائية السرعة ، حيث تتغير السرعة بواسطة تغيير عدد الاقطاب بمرتين ($2p = 4/2$; $12/6$; $8/4$ ، تحتوى عادة فى عضوها الساكن على ملف واحد ثنائى الطبقة قابل للتحويل . اما اذا كان عدد الاقطاب فى المحرك الثنائى السرعة ، لا يتغير بمرتين (مثلا $2p = 6/4$) ، فان المحرك عادة يحتوى على ملفين منفصلين موضوعين فى نفس المجارى . وفى هذه الحالة تنفذ الملفات عادة أحادية الطبقة بوشائع متمركزة ، مع الوصل المتسلسل للمجموعات الوشائية ($a = 1$) ، اما الاطوار فتوصل على شكل نجمة ، كى نتجنب الكونتورات المغلقة عند وصل الملف الثانى مع الشبكة .

وتزود بملفين منفصلين ايضا ، المحركات العاملة بثلاث او اربع سرعات (عدد دورات) . فعندما يكون للمحرك ثلاث سرعات (عدد دورات) يتم تحويل احد الملفين بنسبة عدد الاقطاب ١:٢ ، اما العدد البينى للاقطاب فنحصل عليه على حساب الملف الثانى . وفى المحركات الرباعية السرعات يتم تحويل كل ملف من الملفين المنفصلين الى عددين مختلفين من الاقطاب ، مثلا تحويل احد الملفين من ١٢ الى ٦ أقطاب ($2p = 12/6$) ، اما الملف الآخر فيتحول من ٨ الى ٤ أقطاب ($2p = 8/4$) .

البند ٢٦ - مخططات الملفات أحادية الطور

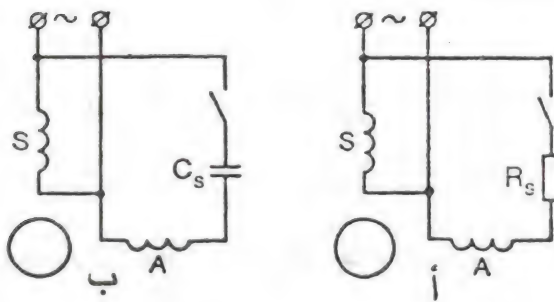
تستخدم الملفات الاحادية الطور بشكل رئيسى فى الاعضاء الساكنة للمحركات الكهربائية اللامتزامنة الاحادية الطور . فاذا وصلنا مثل هذا المحرك مع الشبكة عندما يكون العضو الدوار ساكنا ، فان الملف الاحادى الطور فى العضو الساكن سوف لا يولد مجالا مغناطيسيا دوارا ، وانما يولد مجالا نبضيا لن يحرك العضو الدوار من مكانه . فلكى يبدأ العضو الدوار بالدوران يجب أن يزود المحرك بتجهيزة بدء التشغيل (الاقلاع) ، التى تخصص لتوليد عزم تدوير اولى (اقلاعى) لبدء التشغيل .

وقد حظيت بالاستخدام الواسع في التطبيق العملي عدة انواع من المحركات اللامتزامنة الاحادية الطور ، المزودة بتجهيزات اقلاع متنوعة : المحركات المزودة بلفة مقصرة على القطب ، او المحركات المزودة بملف الاقلاع ، والمحركات المزودة بمكثفات .

لقد درسنا في الباب الثاني المحركات الكهربائية اللامتزامنة الاحادية الطور ، المزودة بلفة مقصرة على القطب ، وتركيب ملفاتها .

المحركات الكهربائية اللامتزامنة الاحادية الطور ، المزودة بملف الاقلاع (بدء التشغيل) ، تحتوي على اعضاء ساكنة لها نفس التصميم كما في الممكنات الثلاثية الاطوار ، غير انه يوضع هنا في مجارى القلب ملفان احاديا الطور مزاحان بالنسبة لبعضهما البعض بزاوية ٩٠ درجة كهربائية ، احدهما وهو الملف الرئيسى ، يسمى بالطور العامل او الاساسى ، وهو يشغل ثلثى مجارى العضو الساكن ، كما ان هذا الملف يبقى موصولا مع الشبكة خلال الزمن الكلى لعمل المحرك . اما الملف الآخر فهو الملف المساعد ويدعى ايضا بطور الاقلاع ، ويوصل مع الشبكة فقط خلال زمن الاقلاع ، وينفصل عنها بعد تعجيل العضو الدوار . ويشغل ملف الاقلاع ثلث مجارى العضو الساكن .

ولتوليد المجال المغناطيسى الدوار عند اقلاع المحرك يجب تأمين انزياح معين بين متجهى التيارين المارين فى ملف الاقلاع والملف العامل ، ويمكن



الشكل ٥٩ - مخططات وصل المحركات اللامتزامنة الاحادية الطور ، والمزودة بملف اقلاع :
أ - مع مقاومة اقلاع ، ب - مع مكثف اقلاع

التوصل الى ذلك عن طريق وصل مقاومة فعالة R_s (الشكل ٥٩ ، أ) . غير ان الانزياح الحاصل بهذه الطريقة بين متجهى التيارين المارين فى الملفين سيكون اقل من ربع الدور ، ولذلك لا يكون المجال المغناطيسى الدوار

عند الاقلاع دائريا ، وانما بيضوى الشكل مما يسئ الى الخواص الاقلعية للمحرك .

ان ملف الاقلاع فى المحرك اللامتزامن والاحادى الطور محسوب على التشغيل القصير الامد (عادة حتى ٣ ثوان) فقط لفترة الاقلاع ، ولذلك فهو ينفذ من سلك ارفع ويتمتع بمقاومة فعالة أكبر بكثير من الملف العامل . واذا استفدنا من هذا الظرف ، واتخذنا كذلك اجراءات اصطناعية خاصة لزيادة المقاومة الفعالة لملف الاقلاع ، فاننا نستطيع التوصل الى انزياح كبير بين متجهى التيارين فى ملفى المحرك ، دون اللجوء الى توصيل مقاومة اقلاع خارجية . ويسمى المحرك الذى تكون مقاومته الاقلعية ضمن ملف الاقلاع ، بالمحرك ذى المقاومة الاقلعية الضمنية او بالمحرك ذى المقاومة الاقلعية المرتفعة لطور الاقلاع (المحركات الصغيرة جدا من السلسلة (АОЛБ) .

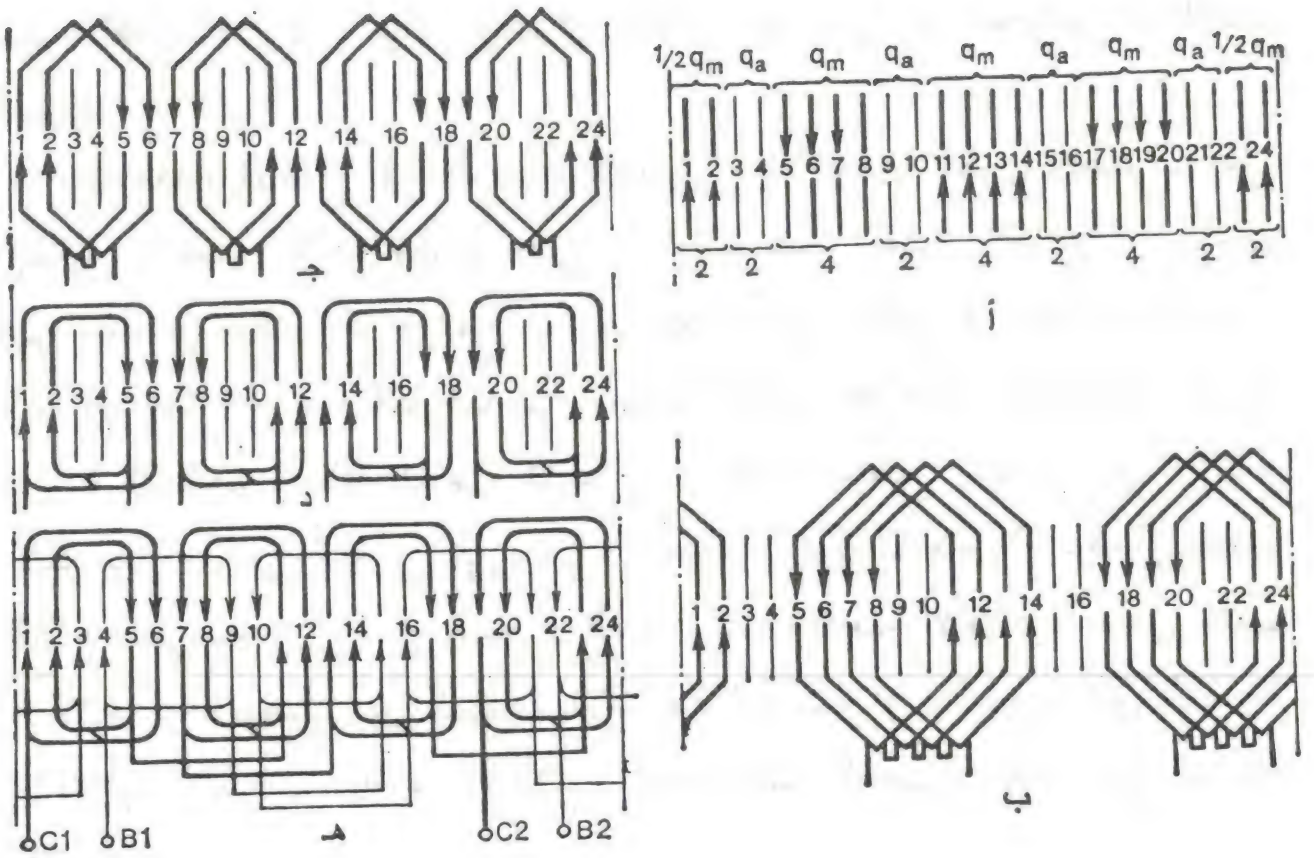
اما اذا وصلنا مكثفة على التسلسل مع ملف الاقلاع فى المحرك (السعة الاقلعية C_s) كما هو مبين على الشكل ٥٩ ، ب فان الانزياح بين متجهى التيارين فى كلا الملفين فى العضو الساكن ، سوف يكون قريبا من ربع الدور ، اما المجال المغناطيسى الدوار فيصبح عمليا دائرى الشكل . وتعطى مثل هذه المحركات (المحركات الصغيرة جدا من السلسلة (АОЛГ) عزم اقلاع كبير ، ويمكن استخدامها فى الظروف الصعبة لاقلاع الآلية المراد تحريكها .

ولنحلل كيفية انشاء المخططات لملفات الاعضاء الساكنة فى المحركات اللامتزامنة والاحادية الطور ، الحاوية على ملفات اقلاع ، وذلك على مثال الممكنة الرباعية الاقطاب $2p=4$ ، حيث يحتوى العضو الساكن على ٢٤ مجرى $(z=24)$.

يشغل الطور الرئيسى عادة ثلثى المجارى اى $\frac{24 \times 2}{3} = 16$ مجرى ، ويشغل

الطور المساعد (الاقلاعى) ثلث المجارى اى $\frac{24 \times 1}{3} = 8$ مجار . وسيكون عدد

المجارى بالنسبة للقطب من اجل الطور الرئيسى $q_c = z_c / (2p) = 16/4 = 4$ ،



الشكل ٦٠ - انشاء مخططات الملفات الاحادية الطبقة في المحركات الاحادية الطور المزودة بملف اقلاع :

أ - تسلسل تناوب المجارى للطورين الرئيسى والمساعد ، واتجاه التيار المار فى الجوانب الفعالة لوشائع الطور الرئيسى ، ب - المجموعات الوشائية للملف الشابلونى البسيط ، ج - المجموعات الوشائية للملف الشابلونى «بالتهادى» ، د - المجموعات الوشائية للملف المتمركز «بالتهادى» ، هـ - مخطط الطورين الرئيسى والمساعد للملف المتمركز «بالتهادى»

ومن اجل الطور المساعد $q_b = z_b / (2p) = 8/4 = 2$ ، اى $q_b = q_c /$ ولنرسم على المخطط (شكل ٦٠ ، أ) خطا شاقوليا (رأسيا) بعدد المجارى ولنرقمها ، ثم نقسم المجارى حسب المناطق الطورية ، مع ضرورة تذكر ان المنطقة الطورية للطور الرئيسى تضم $(q_c = 4)$ اربعة مجار ، اما المنطقة الطورية للطور المساعد فتضم $(q_b = 2)$ مجريين . ومن ثم نضع اتجاه التيارات فى مجارى الطور الرئيسى (نميزها بخطوط سميكه) ، مسترشدين بالقاعدة التى تنص على ان اتجاهها التيارين تحت القطبين المتجاورين يجب ان يكونا متعاكسين .

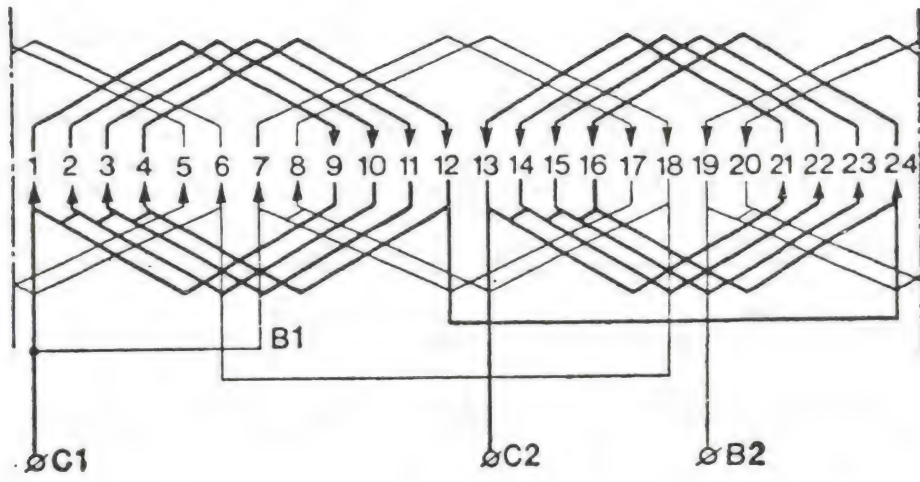
ويمكن ، طبقا للاتجاهات المتخذة للتيارات ، توصيل الجوانب الفعالة للوشائع باشكال مختلفة ، وتشكيل ملفات متنوعة الانماط ، فمثلا ، عندما

تكون الخطوة القطرية $y = \tau = z/(2p) = 24/4 = 6$ متساوية بالنسبة لجميع
 الشوائع ، نحصل على ملف شابلوني بسيط يحتوى على عدد من المجموعات
 الشائعية مساو لعدد ازواج الاقطاب p (شكل ٦٠ ، ب) . غير ان مثل
 هذا الملف فى الحالة المعطاة غير ملائم بسبب الاقسام الجبهية الكبيرة
 للشوائع والاستهلاك الزائد لأسلاك اللف . واذا قسمنا كل مجموعة وشائعية
 الى نصفين ، يمكن تشكيل ملف شابلوني «مع الانفتاح» (شكل ٦٠ ، ج)
 له خطوة اقصر $y = 4(1-5)$ وطول اقل للفة . وقد يكون الملف المتمركز
 «مع الانفتاح» (شكل ٦٠ ، د) أكثر ملاءمة فى الحالة الجارية دراستها ،
 بسبب صغر حجم الاقسام الجبهية (بدون تصالبات) .

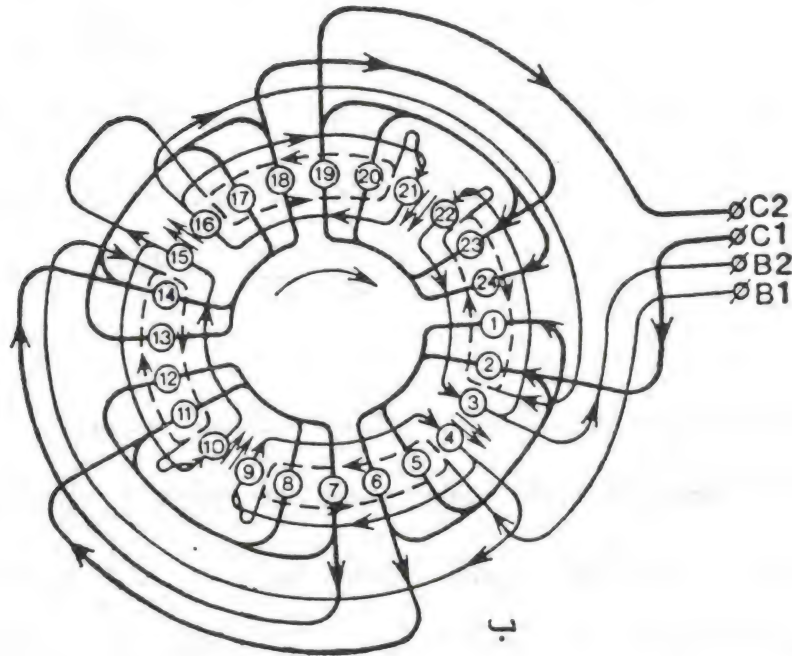
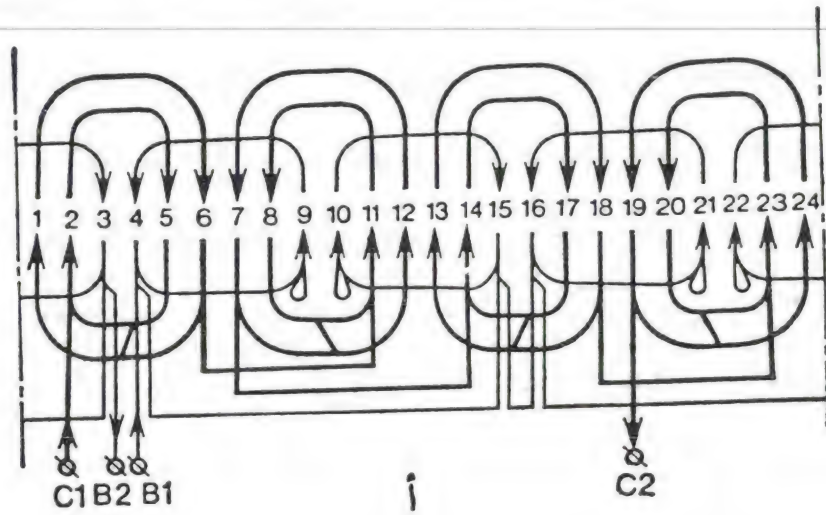
وبعد تشكيل المجموعات الشائعية وانصاف المجموعات ، توصل
 مع بعضها بحيث أنه عند الدوران حول الملف من بداية الطور (التي يمكن
 اخراجها من بداية اية مجموعة) الى نهايته ، يكون اتجاه التيارات فى الشوائع
 كما هو مبين بالاسهم ، وبحيث تكون الوصلات بين المجموعات اقصر
 ما يمكن (شكل ٦٠ ، د) . ويمكن ان يكون الملف منفذا بتوصيل المجموعات
 الشائعية على التسلسل ، او على هيئة فروع متوازية . ويتم هنا توصيل
 المجموعات الشائعية وتشكيل الفروع المتوازية بنفس القواعد التى استخدمت
 للملفات الثلاثية الاطوار .

ويتم رسم المخطط لملف الاقلاع (الطور المساعد) حسب نفس القواعد
 التى استخدمت عند رسم المخطط للطور الاساسى ، ويمكن ان تكون
 الخطوة فى ملف الاقلاع كما فى الملف العامل او غير ذلك ، أى كما
 فى الشكل ٦١ .

وغالبا ما يستخدم الملف المزدوج السلك ، حيث تلف بعض اللفات
 فى الوشيجة بالتقابل ، وذلك فى المحركات ذات المقاومة الاقلاعية الضمنية ،
 كوسيلة اصطناعية ترفع المقاومة الفعالة للطور الاقلاعى . وتعمل هذه اللفات
 على تعادل التأثير التمعنطى لنفس هذا العدد من اللفات الملفوفة فى الاتجاه
 الرئيسى ، غير ان المقاومة الفعالة لملف الاقلاع تزداد بشدة . وتألّف
 وشائع طور الاقلاع عندئذ من قسمين : القطاع الاساسى الحاوى على عدد



الشكل ٦١ - مخطط ملف العضو الساكن في المحرك الاحادي الطور ، المزود بملف اقلاع ، وله خطوات مختلفة في الطورين الاساسي والمساعد ($2p = 2$ ، $z = 24$)

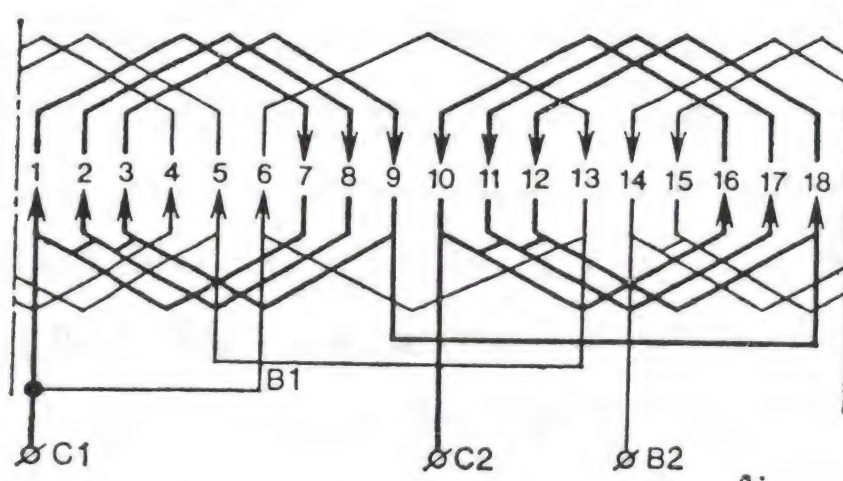


الشكل ٦٢ - مخططات ملف العضو الساكن في المحرك الاحادي الطور ، المزود بملف اقلاع فيه وشيعة مؤلفة من قطاعات مزدوجة السلك ($2p = 4$ ، $z = 24$) :
أ - مخطط منشور ، ب - مخطط جانبي

كبير من الملفات الملفوفة في الاتجاه الاساسى ، والتي تحدد قطبية المجال المغناطيسى المتولد ، والقطاع المزدوج السلك الحاوى على العدد الأقل من الملفات .

ويبين الشكل ٦٢ ، أملفا له نفس المخطط الذى رسمناه سابقا (انظر الشكل ٦٠ ، هـ) ، ولكن طور الاقلاع فيه مزود بقطاعات مزدوجة السلك (تبين الوشائع الحاوية على قطاعات مزدوجة السلك بالتمثيل الشرطى المعتمد عادة) . ويبين الشكل ٦٢ ، ب المخطط الجانبي لنفس الملف . وغالبا ما تستخدم المخططات الجانبية عند تنفيذ الملفات للمحركات اللامتزامنة الاحادية الطور .

ويتم اختيار الخطوة عادة فى الملفات الاحادية الطبقة والاحادية الطور ، والملفوفة «بالتهادى» ، بحيث تحيط المجموعة الوشائية النصفية للملف العامل بعدد q_B من الجوانب الفعالة لوشائع ملف الاقلاع ، وبحيث تحيط المجموعة الوشائية النصفية لملف الاقلاع بعدد q_C من الجوانب الفعالة لوشائع الملف العامل . فاذا كان العددا q_B و q_C زوجيين ، فان الملفين يقعان بشكل متناظر (متماثل) ، اما اذا كان عدد المجارى المنسوب للقطب الواحد فرديا ، فان الملف يكون غير متناظر . فمثلا ، يبين الشكل ٦٣ مخطط الملف المسبق التشكيل (الشابلونى) الاحادى الطبقة للعضو



الشكل ٦٣ - مخطط ملف العضو الساكن فى المحرك الاحادى الطور ، المزود بطور الاقلاع الحاوى على نصف مجموعات لها عدد مختلف من الوشائع ($z = 18$ ، $2p = 2$ ، $q_B = 3$ ، $q_C = 6$)

الساكن عندما يكون لدينا : $z = 18$ ، $2p = 2$ ، $q_c = 6$ ، $q_B = 3$.
وهنا تتألف إحدى المجموعات الوشائية النصفية في ملف الاقلاع من
وشيعتين ، اما المجموعة الاخرى فتتألف من وشيعة واحدة . وتختلف الخطوة
أيضا في هاتين المجموعتين الوشائيتين النصفيتين : $y_{1B} = 7$; $y_{2B} = 8$.
وعند رسم مخططات هذه الملفات نسعى للحصول على تقصير خطوة
الوشائع تقريبا حتى ثلثي τ ، لانه يتناقص عندئذ تأثير التوافقية الثالثة . غير
انه في الملفات الاحادية الطبقة ، قلما نستطيع تنفيذ ذلك ، ولذلك غالبا
ما نلجأ الى الملفات الثنائية الطبقات ، بالرغم من ان هذا يجعل من الصعب
وضع الوشائع في المجارى .

لنتابع كيفية رسم المخطط للملفات الثنائية الطبقات للاعضاء الساكنة
في المحركات الاحادية الطور الحاوية على ملف اقلاع ، على المثال التالى :
 $z = 24$ ، $2p = 4$ (شكل ٦٤ ، أ) . نجد اولا عدد المجارى بالنسبة
للقطب الواحد للملف الرئيسى (العامل) وللملف المساعد (الاقلاع) :

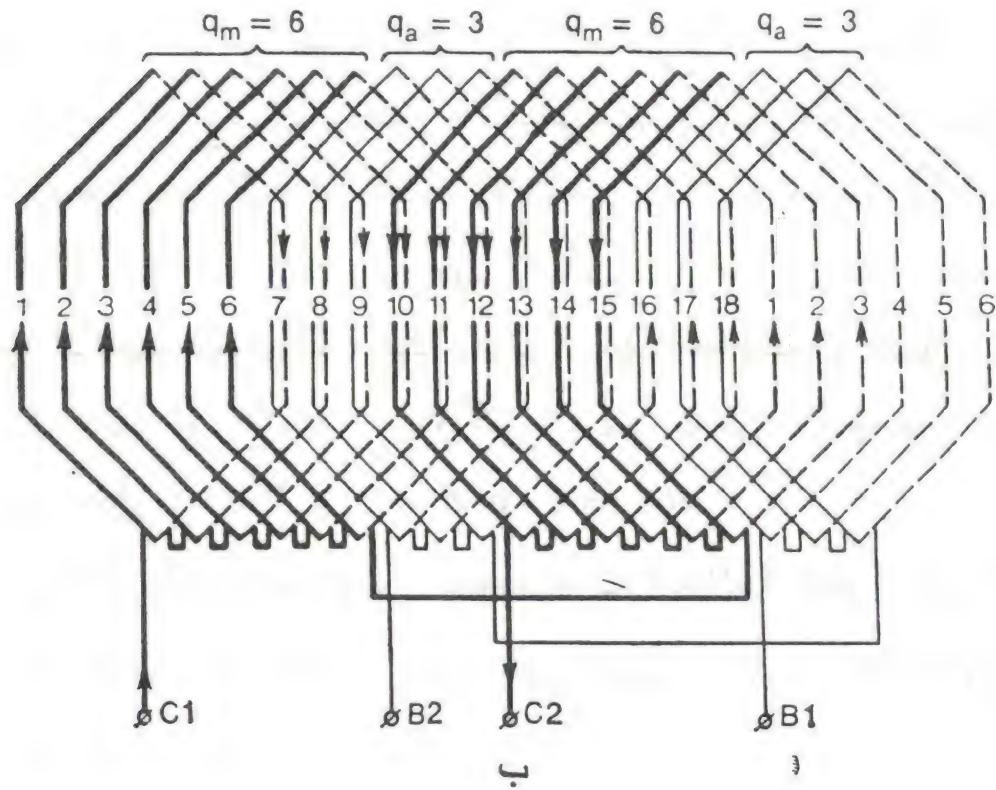
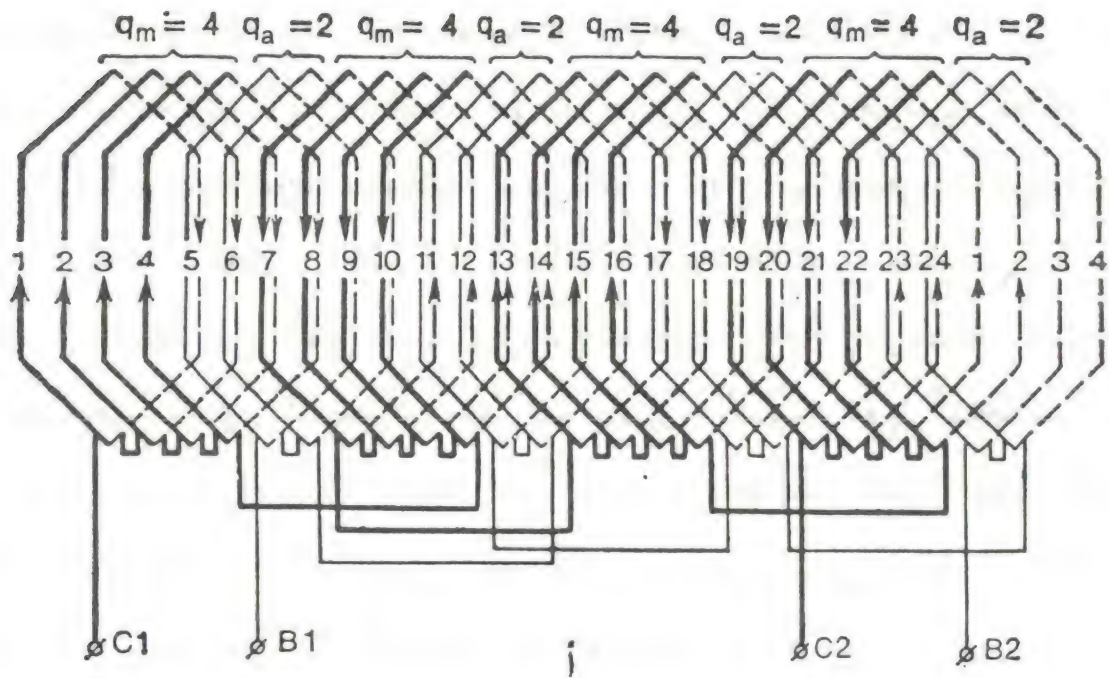
$$q_c = \frac{2/3 z}{2p} = \frac{2/3 \cdot 24}{4} = 4; \quad q_B = \frac{1/3 z}{2p} = \frac{1/3 \cdot 24}{2p} = 2$$

وفيما بعد نحدد خطوة الملف ، علما بانها هنا واحدة لوشائع الطورين
العامل والمساعد :

$$y = y_c = y_B = 2/3 \tau = \frac{2 \cdot z}{3 \cdot 2p} = \frac{2}{3} \cdot \frac{24}{4} = 4 \quad (\text{الخطوة ١ - ٥})$$

ويمكن الآن ان نبدأ برسم المخطط ، ولنرسم $z + y$ خطا شاقوليا ،
اي في حالتنا $24 + 4 = 28$ ، وهى تعبر عن المجارى ، ثم لنرقمها :
اولا من المجرى الاول حتى الرابع والعشرين ، وبعد ذلك من الاول حتى
الرابع (وفى الحالة العامة نرقم من ١ حتى z ، ومن ثم ١ حتى y) .

نضع فى الطبقة العلوية للمجارى (الخطوط المتصلة) بدءا من المجرى
الاول ، اولا $q_c = 4$ اربعة جوانب فعالة لوشائع الطور الاساسى (الخطوط
السميكة) ، ومن ثم نضع $q_B = 2$ جانبيين من الجوانب الفعالة لوشائع الطور
المساعد (الخطوط غير السميكة) ، ونكرر ذلك عددا من المرات يساوى
 $2p = 4$ ، وعلى هذا المنوال نملا الطبقات العلوية لجميع المجارى $z = 24$.



الشكل ٦٤ - مخططات الملفات الاحادية الطور والثنائية الطبقات، المزودة بملف اقلاع :

أ - عندما $z = 24$ ، $2p = 4$ ، $q_c = 6$ ، $q_B = 2$ ، $y = y_C = y_B = 4$ (1-5) ؛ ب - عندما $z = 18$ ، $2p = 2$ ، $q_C = 6$ ، $q_B = 3$ ، $y = y_C = y_B = 6$ (1-7)

وبعد ذلك نضع اتجاهات التيارات المارة في الطبقات العلوية للوشائع ،
مسترشدين بالقاعدة المعروفة ، وهي ان اتجاهات التيارات في التقسيمين
القطبيين المتجاورين يجب ان تكون متعاكسة . ومن ثم نضع الجوانب

الفعالة للشوائب في الطبقة الاولى للمجارى (الخطوط المتقطعة) بدءا من المجرى الخامس $(1 + y = 5)$: نضع أولا $(q_c = 4)$ اربعة جوانب فعالة لشوائب الطور الاساسى (خطوط متقطعة سميكة) ، ومن ثم نضع $(q_B = 2)$ جانبيين فعالين لشوائب الطور المساعد (خطوط متقطعة غير سميكة) ، وهكذا دواليك ، عددا من المرات يساوى $(2p = 4)$ اربعة . وعندئذ تمتلئ فقط الطبقات العلوية في المجارى الاربعة الاولى المبينة على المخطط ، وفي المجارى الاربعة الاولى المبينة على يمين المخطط تمتلئ فقط الطبقات السفلية . ويستخدم هذا التمثيل للمخطط المنشور بشكل واسع ، لانه واضح بسبب كون الشوائب لا «تُقص» على المخطط .

وبعد ذلك نرسم الاقسام الجبهية للشوائب حسب القواعد المعروفة ، ونوصل على حدة كل من شوائب الطورين الاساسى والاضافى لنشكل مجموعات وشائعية . ويتم اخراج بداية الطور الاساسى من الطبقة العلوية للمجرى ١ . ثم نوصل المجموعات الشائعية للطور الاساسى فيما بينها بحيث تكون اتجاهات التيارات المارة فيها عند الدوران حول الملف من بداية الطور الى نهايته ، منطبقة مع الاسهم الموضوعة مسبقا . ويبين على المخطط ، وصل المجموعات الشائعية $(a = 1)$ على التسلسل ، ولكن الملف يمكن ان يحتوى ايضا على عدة فروع متوازية (مثلا ، $a = 2$ أو $a = 4$) .

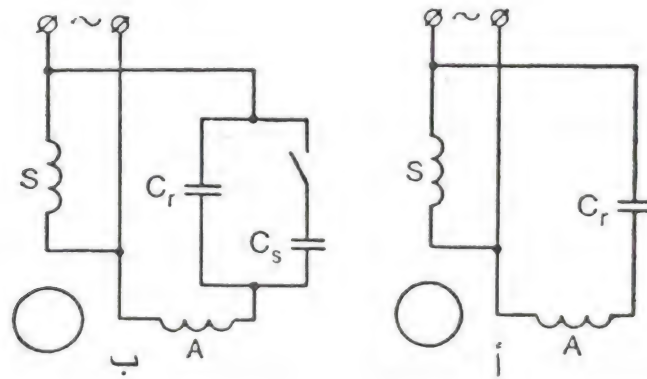
وبنفس الطريقة تماما نوصل المجموعات الشائعية للطور المساعد (طور الاقلاع) ، الذى يتم اخراج بدايته من الطبقة العلوية للمجرى الخامس $(q_c + 1 = 4 + 1 = 5)$.

ويبين الشكل ٦٤ ، ب مخطط الملف الثنائى الطبقات للعضو الساكن فى محرك أحادى الطور مزود بملف اقلاع ، حسب المعطيات التالية : $z = 18$ ، $2p = 2$ ، $q_c = 6$ ، $q_B = 3$ ، $y = y_c = y_B = 6(1 - 7)$. ان ملف الاقلاع (الطور المساعد) فى المحركات المدروسة الأحادية الطور ، يشغل ثلث مجارى العضو الساكن ، ويفصل عن الشبكة بعد انتهاء عملية الاقلاع ، ولا يشترك فى العمل اللاحق للمحرك . ولهذا فان

معدل استخدام المواد الفعالة - المغناطيسية والناقلة - منخفض في مثل هذه المكنات .

المحركات ذات المكثف (مثلا من السلسلة АОЛД) ، حيث يبقى الملفان الاحاديا الطور موصولين مع الشبكة خلال كل فترة عمل المكنة ، وهما يركبان على العضو الساكن بحيث يشغل كل منهما $\frac{1}{4}$ مجاريه ، وبهذا يتم التوصل الى الاستخدام الافضل للمواد الفعالة . ويبين الشكل ٦٥ ، أ ، مخطط توصيل المحرك الاحادى الطور المزود بمكثف سعته العاملة C_p ، يضمن عند الحمولة المقدرة انحرافا بين متجهى التيارين المارين فى ملفى العضو الساكن ، قريبا من ربع الدور .

وعندئذ يكون المجال المغناطيسى الدوار الذى يولده الملفان دائرى الشكل عمليا ، ولذا فان المحرك يتمتع بمواصفات جيدة للطاقة : معامل كفاية (مردود) مرتفع نسبيا (٦٠ - ٧٥٪) وقيمة مرتفعة لـ $\cos \varphi$ من ٠,٨ - ٠,٩٥ ، غير أن عزم الاقلاع هنا ليس كبيرا . ولتحسين خواص الاقلاع للمحرك ، يوصل مكثف اقلاع C_{st} سعته ضعف سعة المكثف العامل C_w ، ويوصل معه على التوازي لحظة الاقلاع (شكل ٦٥ ، ب) . وبعد انتهاء تعجيل العضو الدوار ينفصل مكثف الاقلاع C_{st} ، ويبقى فقط المكثف العامل C_w موصولا على التسلسل مع «الطور السعوى» .



الشكل ٦٥ - مخططات توصيل المحركات الاحادية الطور ذات المكثف :

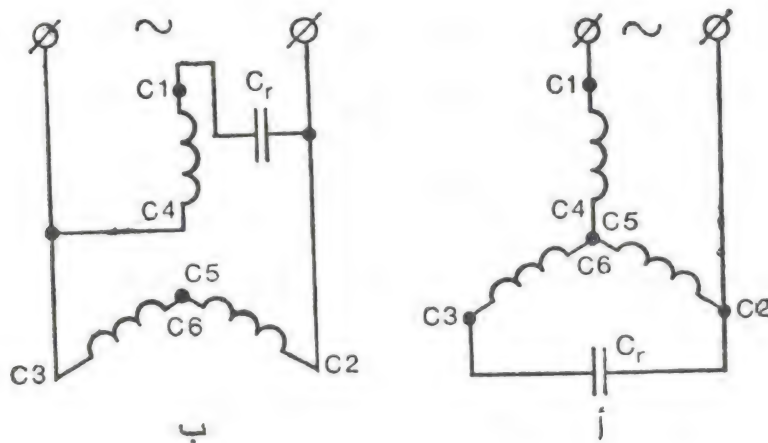
أ - ذات المكثف العامل C_w ؛ ب - ذات المكثف العامل C_w ومكثف الاقلاع C_{st}

ان المحركات الجديدة المزودة بالمكثف ، من السلسلة ABE (قدرتها تتراوح من ١٠ الى ٤٠٠ واط ، وعدد دوراتها ١٥٠٠ و ٣٠٠٠ دورة/دقيقة ، وفلطيتها ٢٢٠ فولط) ، والتي تتمتع بخواص اقلاع جيدة وكذلك بمدلولات جيدة للوزن والطاقة ، سوف تحل مستقبلا محل المحركات من السلسلة . АОЛБ

ويتم فصل ملفات الاقلاع في المحركات الكهربائية اللامتزامنة والاحادية الطور ، او فصل مكثفات الاقلاع في المحركات المزودة بالمكثفات ، بواسطة مفاتيح فصل تعمل بازرار او بالقوة النابذة ، او بواسطة مرّحل التيار او المرّحل الحرارى .

ولعكس اتجاه الدوران في المحركات يكفي تغيير مكان المآخذ لأحد الملفين بعضهما ببعض .

وتنتج الصناعة ايضا محركات كهربائية صغيرة جدا لامتزامنة شاملة الاغراض تتغذى من الشبكة الثلاثية الاطوار او الاحادية الطور . وتوصل هذه المحركات مع الشبكة الاحادية الطور حسب احد المخططات المبينة



الشكل ٦٦ - مخططات التوصيل مع الشبكة لملفات الاعضاء الساكنة في المحركات اللامتزامنة والثلاثية الاطوار :

أ- توصيل نجمي ومكثف موصل على التوازي ، ب- وصل متواز للملفين الرئيسى والمساعد

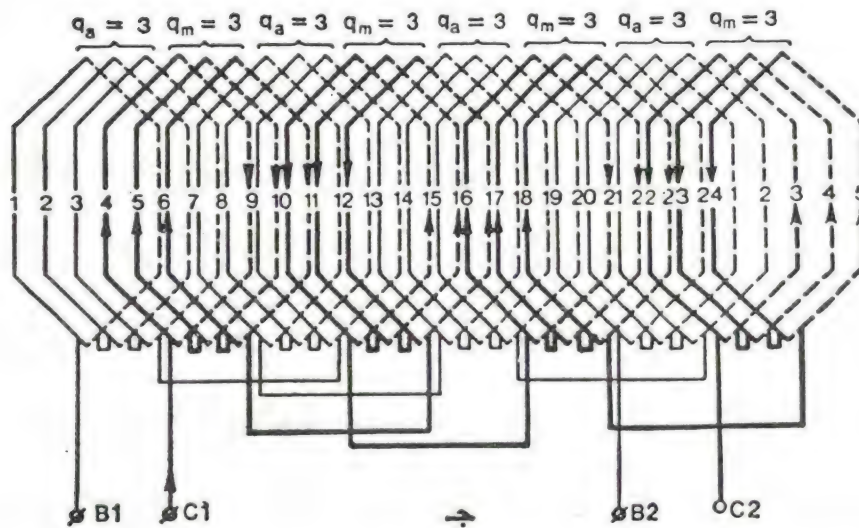
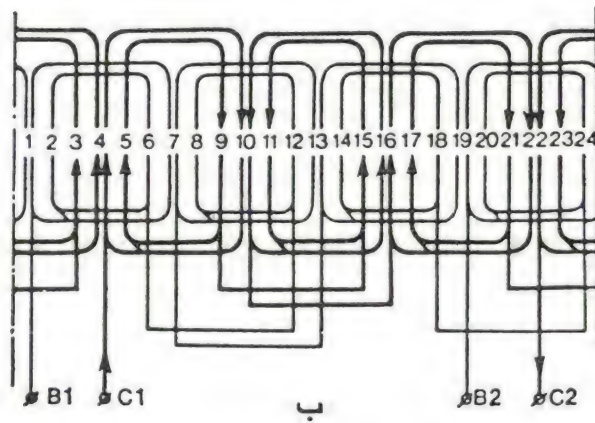
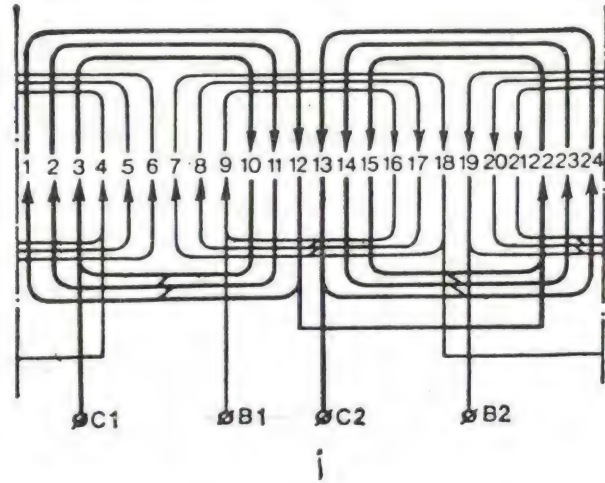
على الشكل ٦٦ ، أ ، ب ، ويجب عندئذ ان توافق فلطية الشبكة الاحادية الطور للفلطية المقدرة للمحرك في حال وصله مع الشبكة الثلاثية الاطوار ، وتوصيل الملفات على شكل نجمة .

وان تسلسل عملية رسم المخططات لملفات الاعضاء الساكنة للمحركات المزودة بمكثفات ، هو بشكل رئيسي مماثل لماجرى بالنسبة للمحركات الاحادية الطور المزودة بملف اقلاع . غير انه ، يجدر بنا ان نأخذ بعين الاعتبار أن كل طور من طورى المحرك المزود بمكثفات يشغل عادة نصف المجارى . وبالتالي ، فان عدد المجارى بالنسبة للقطب الواحد فى الطورين : الاساسى والمساعد (ذى المكثف) يكون هنا واحدا ، وتشابه عادة ايضا مخططات الملفين .

يبين الشكل ٦٧ ، أ الملف المتمركز الاحادى الطبقة «المتهادى» للمحرك المزود بالمكثف عندما يكون لدينا $z = 24$ ، $2p = 2$. وسيكون عدد المجارى الذى يشغله كل ملف من الملفين $z_c = z_B = z/2 = 24/2 = 12$. ويعادل عدد المجارى بالنسبة للقطب الواحد فى الملفين : $q_c = q_B =$ $z/(2 \cdot 2p) = 24/(2 \cdot 2) = 6$ ويحتوى كل تقسيم قطبى τ على عدد من المجارى هو : $\tau = z/(2p) = 24/2 = 12$ وان الخطوة المتوسطة لكل مجموعة وشائعية نصفية تساوى $(11 + 9 + 7)/3 = 9$ اى تكون قريبة من $2\tau/3 = 8$.

وفى العديد من الحالات ، عندما يعبر عن العدد الحسابى للوشائع فى المجموعة الوشائية النصفية للملف ، بعدد كسرى مثل $1\frac{1}{2}$ ، فان الملف يحتوى فى كلا الطورين على ما يسمى بالوشائع «الممشطة» الحاوية على العدد النصفى للقات . ويبين الشكل ٦٧ ، ب مخطط الملف لدى المحرك المزود بمكثفات ، طراز ДВА-УЗ ، وفيه $z = 24$ و $2p = 4$. ويكون عدد المجارى هنا بالنسبة للقطب فى كل ملف : $q_c = q_B = z/(2 \cdot 2p) = 24/(2 \cdot 4) = 3$. وبالتالي فان المجموعة الوشائية تحتوى على ثلاث وشائع ، اما اذا اردنا لف الملف «بالتهادى» فان كل مجموعة نصفية تضم $\frac{3}{2} = 1\frac{1}{2}$ وشيعة . وكما يبدو من المخطط فان كل طور فى الملف يحتوى عندئذ على $2p = 4$ من الوشائع «الممشطة» ، بحيث أن الملف يتوضع فى طبقتين فى تلك المجارى التى تقع فيها تلك الوشائع .

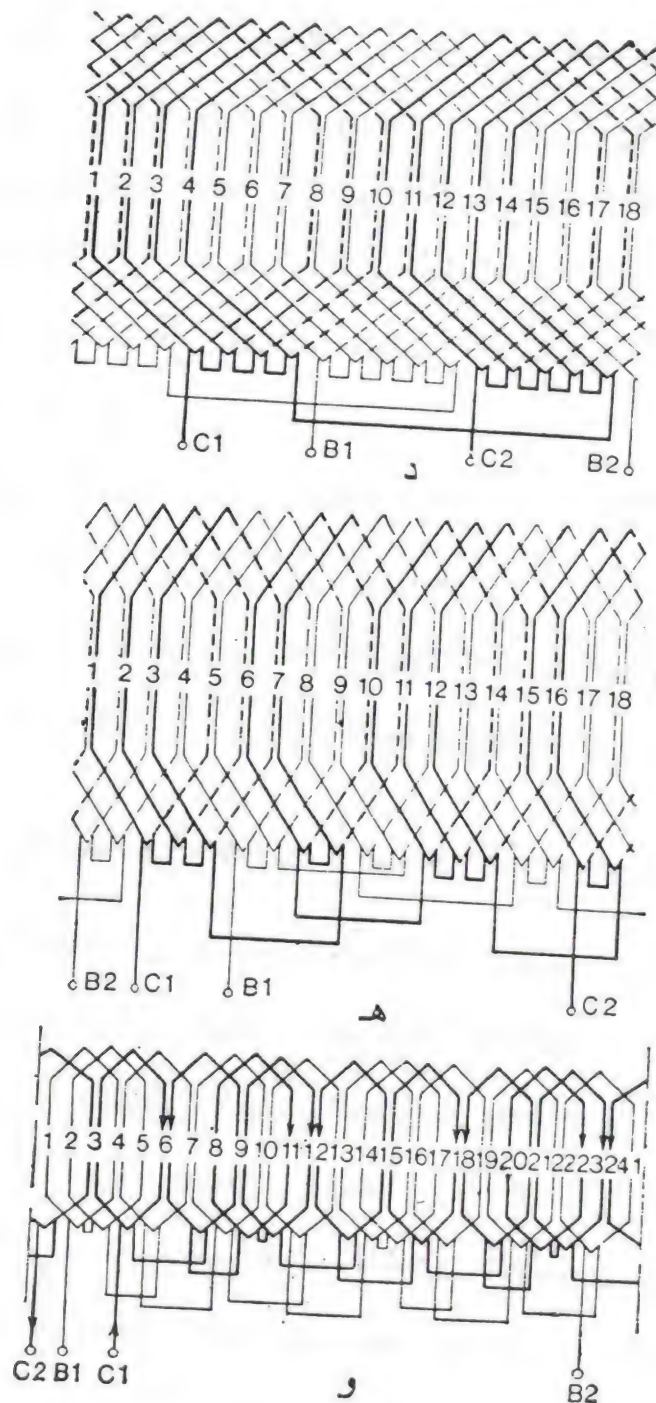
وفي الآونة الأخيرة ، غالبا ما تنفذ المحركات المزودة بالمكثفات ،
بملفات ثنائية الطبقات ، تسمح باختيار التقصير الملائم للخطوة . ويبين
الشكل ٦٧ ، ج مخطط مثل هذا الملف ، حيث لدينا $z=24$ ،



الشكل ٦٧ - مخطط الملفات للمحركات ذات المكثف :

أ - ملف احادى الطبقة متمركز «بالشهادى» ($z=24$ ، $2p=2$) ، ب - ملف متمركز مزود
بوشائع «ممشطة» ($z=24$ ، $2p=4$) ، واحادى الطبقة ، ج - ملف ثنائى الطبقة ($z=24$) ،
د - ملف ثنائى الطبقات ، مزود بمجموعات وشائعية ($2p=4$ ، $q_C = q_B - 3$ ، $y=5$)

وبالنسبة لكل تقسيم قطبي τ عدد
 من المجارى يساوى ٦ ، $y=5$ ، $q_c = q_B = 3$ ، $2p=4$
 وهكذا فان معامل $\tau = z/(2p) = 24/4 = 6$ ،
 تقصير الخطوة هو $k_y = y/\tau = 5/6 = 0,83$.
 ويبين الشكل ٦٧ ، د مخطط الملف الثنائى الطبقات فى المحرك
 المزود بالمكثفات من الطراز ABEO41-2 ، حيث لدينا $z = 18$ ، $2p=2$ ،



يختلف فيها عدد الشائع ($2p=2$ ، $z=18$) ، هـ - ملف ثنائى الطبقات يختلف فيه عدد
 مجارى الطور الاساسى والطور الحاوى على مكثف ($2p=4$ ، $z=18$) ، و - الملف المختلط
 ($y_C = y_B = 3$ ، $q_C = q_B = 1\frac{1}{2}$ ، $2p=8$ ، $z=24$)

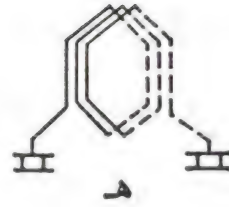
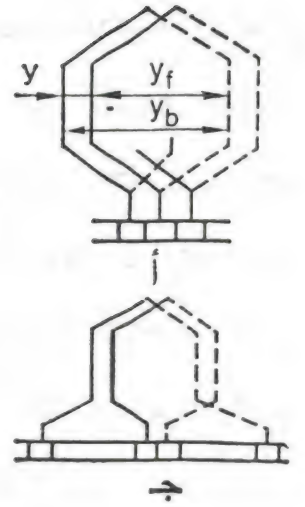
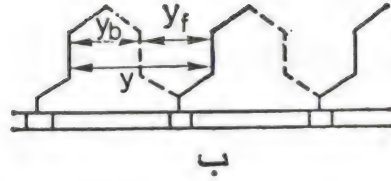
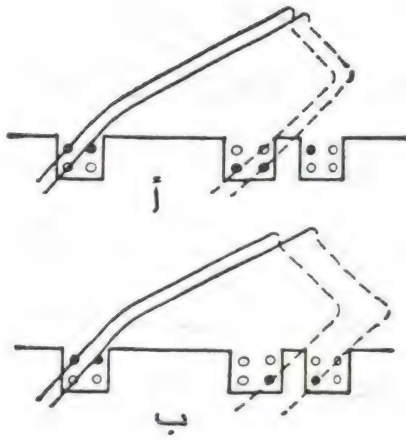
ويضم كل من الطورين : الاساسى والمساعد تسع وشائع ، ويعادل عدد المجارى بالنسبة للقطب $q_c = q_B = z/(2 \cdot 2 p) = 18/4 = 4\frac{1}{2}$ ، ولذا فانه توجد مجموعة وشائعية واحدة مؤلفة من اربع وشائع ومجموعة اخرى مؤلفة من خمس وشائع فى كل طور من الطورين .

أما مخطط الملف الثنائى الطبقات المبين على الشكل ٦٧ ، ه فى المحرك ABEO41-4 المزود بالمكثفات ، فانه يختلف بان لدينا هنا $z = 18$ و $2p = 4$ ، وعدد المجارى المنسوب للتقسيم القطبى يكون عبارة عن عدد كسرى $(\tau = z/(2p) = 18/4 = 4\frac{1}{2})$ ، وقد تم اختيار خطوة مقصرة للملف $(y = 4 < \tau = 4\frac{1}{2})$. ويشغل الملف الاساسى عشر مجار ، ويتناوب عدد الشائع فى المجموعات الشائعية : ٣ - ٢ - ٣ - ٢ . اما الملف المساعد فهو يشغل ثمانية مجار ، وتضم كل من المجموعات الشائعية الاربعة ، وشيعتين .

ويمتاز الملف المبين على الشكل ٦٧ ، و $(z = 24 ، 2p = 8)$ ، بعلائم الملف النسخى «المتهادى» والملف الثنائى الطبقات فى آن واحد وذلك بسبب العدد الكسرى للمجارى المنسوبة للقطب الواحد ، ولذا فانه يسمى بالملف المختلط .

البند ٢٧ - مخططات الملفات لأعضاء الانتاج فى مكينات التوحيد

تقسم ملفات اعضاء الانتاج فى مكينات التوحيد ، حسب نوع توصيلات الاسلاك والقطاعات ، الى عقدية وموجية ومختلطة («ضفدعية») . ويبين الشكل ٦٨ بشكل تخطيطى انواع الملفات وقطاعاتها . وان أصل تسمية الملفات العقدية والموجية واضح من الشكل المذكور : ففي الحالة الاولى عند الدوران المتتابع حول القطاعات تتشكل العقد ، وفي الحالة الثانية ، تتشكل الامواج . اما الملف المختلط فهو يحمل فى داخله عناصر الملفين العقدى والموجى ، وقد اطلق عليه «الضفدعى» بسبب بعض الشبه الظاهرى بين وشائع هذا الملف والضفدعة . وكما ورد اعلاه ، فان قطاعات الملفات يمكن ان تتألف من لفة واحدة او عدة لفات موصولة على التسلسل ، وان



الشكل ٦٨ - انواع ملفات اعضاء الانتاج فى المكنات ذات الموحد :

أ - ملف عقدى ، ب - ملف موجى ، ج - ملف مختلط («ضفدى») ، د - قطاع مؤلف من لفتين فى الملف العقدى ، هـ - قطاع ثلاثى اللفات فى الملف الموجى

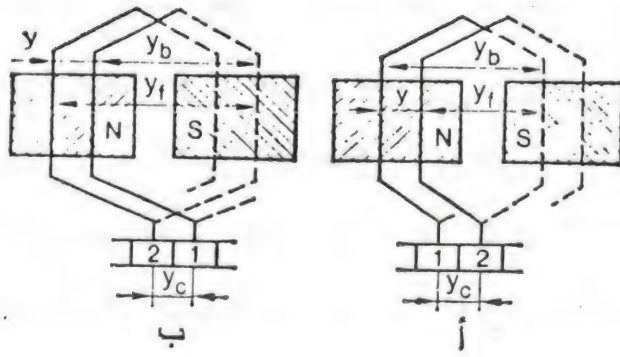
الشكل ٦٩ - توزيع قطاعات وشيعة عضو الانتاج فى المجارى :
أ - اذا كان الملف متساوى القطاعات ، ب - اذا كان الملف متدرجا

عدة قطاعات (عادة القطاعات الموجودة فى نفس المجارى) تتوحد لتشكيل الشوائع . واذا كانت جميع القطاعات لكل وشيعة فى الملف ، تتمتع بعرض واحد وتقع فى نفس المجارى (شكل ٦٩ ، أ) ، فان الملف يدعى بالملف ذى الشوائع المتساوية او القطاعات المتساوية . وتضم الشيعة احيانا قطاعات مختلفة العرض ، كما هو مبين على الشكل ٦٩ ، ب ، ويسمى مثل هذا الملف عندئذ بالملف المتدرج ويصنع عادة من انصاف الشوائع (وفى هذه الحالة يسمى الملف ايضا بالملف المقطوع) . وتستخدم الملفات المتدرجة بهدف تحسين ظروف الترابط (انقاص الشرر تحت الفراشى على الموحد) .

ان التوصيل فى ملفات اعضاء الانتاج للمكنات ذات الموحد ، يتم عن طريق وصل بداية ونهاية كل قطاع مع صفيحتين من صفائح الموحد ، بحيث توصل مع كل صفيحة توحيد نهاية قطاع ما وبداية القطاع التالى وراءه حسب مخطط القطاع . وهكذا ، فان عدد القطاعات هنا S يساوى عدد صفائح التوحيد K ، اى أن $S=K$.

وتوضع عادة ، الجوانب الفعالة للقطاعات فى مجارى أعضاء الانتاج لمكنات التوحيد ، بطبقتين : احدى جانبي القطاع يوضع فى الطبقة العلوية للمجرى ، والجانب الثانى فى الطبقة السفلية . واذا وجد جانب واحد فقط فى كل طبقة من طبقتى المجرى ، فان عدد المجارى z الذى يشغله الملف ، سيكون مساويا لعدد القطاعات S ولعدد صفائح التوحيد K . ويدعى مثل هذا المجرى ، الذى يوجد فى كل طبقة فيه فقط جانب واحد للقطاع ، بالمجارى الاولى . غير ان معظم اعضاء الانتاج فى المكنات الحديثة ذات الموحد ، تحوى فى كل طبقة للمجرى الحقيقى على عدة جوانب قطاعية (عادة ٢-٣ ، واحيانا ٥-٧) ، اما كمية صفائح التوحيد فهى أكثر من كمية المجارى الحقيقية بالعدد الموافق من المرات (u_p) . وفى هذه الحالة ، تبدو المجارى الحقيقية كأنها تحتوى على عدة مجارى اولية ، ويساوى عدد مثل هذه المجارى الاولى فى المجرى الحقيقى لعضو الانتاج ، لعدد الجوانب القطاعية الموجودة فى طبقة واحدة للمجرى الحقيقى . ويرمز للعدد الاجمالى للمجارى الحقيقية التى يوضع فيها الملف بالحرف z ، اما العدد الكلى للمجارى الاولى فيرمز له بالحرف z_e . وتتحقق بالنسبة لملفات مكينات التوحيد ، العلاقة التالية : $S = K = z_e = u_p z$. ونميز فى ملفات اعضاء الانتاج فى مكينات التوحيد (شكل ٦٨) ما يلى :

- الخطوة الجزئية الاولى y_1 ، التى تدل على عرض القطاع ، اى على المسافة الكائنة بين جانبيين فعالين لنفس القطاع ، التى يعبر عنها عادة بعدد القطاعات التى تحصرها المجارى الاولى ؛ وتتخذ الخطوة الجزئية الاولى عادة مساوية تقريبا للخطوة القطرية للملف ، اى $y_1 = \tau$ ؛
- الخطوة الجزئية الثانية y_2 ، التى تدل على المسافة الكائنة بين الجانب الفعال للقطاع المعطى والجانب الفعال الاول للقطاع التالى حسب المخطط ؛
- الخطوة الناتجة y ، وهى تدل على المسافة الكائنة بين الجانب الفعال الاول للقطاع المعطى والجانب الفعال الاول للقطاع التالى حسب المخطط ؛
- الخطوة على الموحد y_k ، وهى تدل على المسافة الكائنة بين بداية ونهاية القطاع الواحد ، ويعبر عنها بعدد صفائح التوحيد .



الشكل ٧٠ - قطاعات الملف العقدي البسيط

يتألف الملف العقدي البسيط لعضو الانتاج فى مكثات التوحيد، من قطاعات موصولة بـمآخذها مع صفيحتى توحيد تقعان بجوار بعضهما البعض، بحيث يوصل طرف احد القطاعات (عبر صفيحة التوحيد) مع بداية

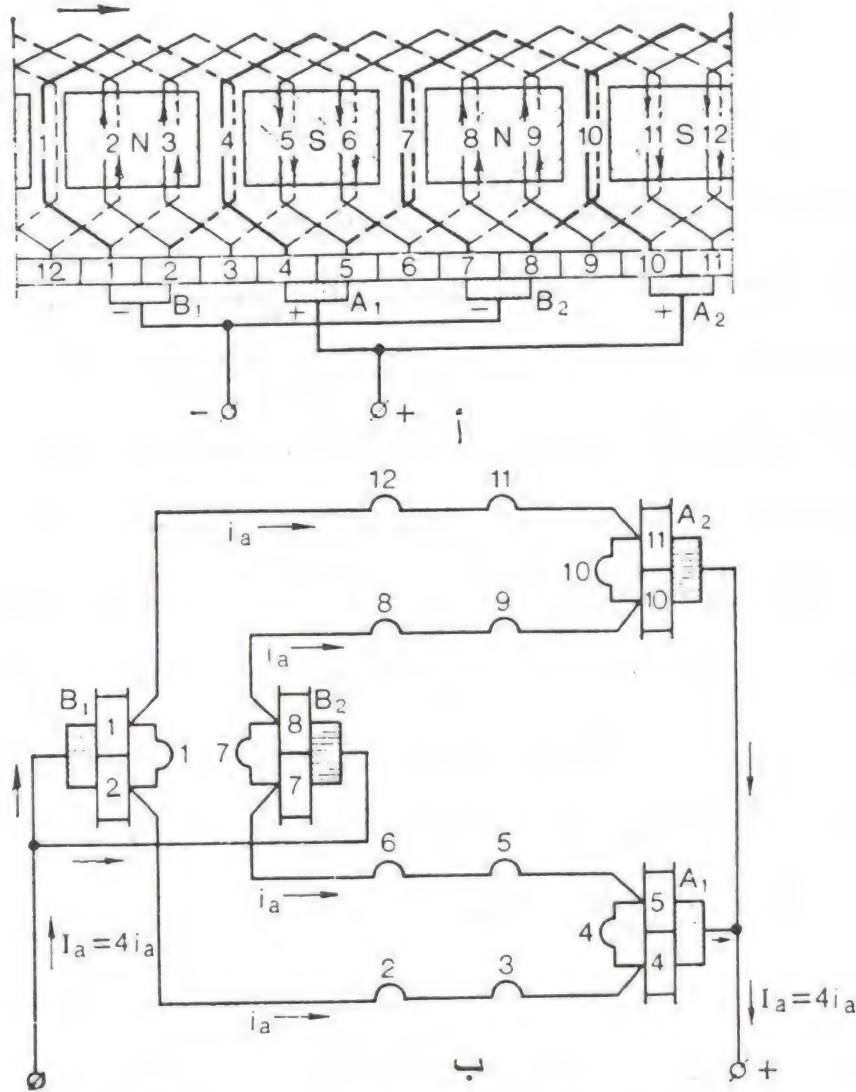
القطاع التالى . واذا بدأنا بالدوران حول عضو الانتاج دورة واحدة حسب المخطط من صفيحة توحيد ما ، فاننا نعود لنفس صفيحة التوحيد ، اى ان الملف قيد الدراسة تغلق دائرته خلال دورة واحدة حول القلب . وتقع بدايتا قطاعين للملف ، متتابعين حسب المخطط ، فى المجريين الاوليين المتجاورين ، ولهذا فان الخطوة الناتجة دوما تساوى الواحد فى الملف العقدي البسيط . واذا كانت الخطوة الجزئية الاولى y_1 اكبر من الخطوة الجزئية الثانية y_2 ، فان الخطوة الناتجة $y = +1$. وعند الدوران حول مثل هذا الملف (شكل ٧٠ ، أ) ، فاننا سوف نتحرك من اليسار نحو اليمين ، اما اذا كانت الخطوة الجزئية الاولى y_1 اقل من الخطوة الجزئية الثانية y_2 ، فان الخطوة الناتجة $y = -1$ ، ويدعى الملف بالملف اليسارى (شكل ٧٠ ، ب) . وتفضل عادة الملفات اليمينية ، لانها لا تحتوى على تقاطع الاقسام الجبهية ، وتستهلك كمية اقل من اسلاك اللف .

وهكذا ، يمكن التعبير عن العلاقات الكائنة بين خطوات الملف العقدي البسيط ، بالصيغ التالية : $y = y_1 - y_2 = \pm 1$ ؛ $y_2 = y_1 - y = y_1 \pm 1$ وتساوى خطوة الملف على الموحد y_k للخطوة الناتجة ، اى $y_k = y = \pm 1$ (الاشارة + للملف اليميني ، والاشارة - للملف اليسارى) .

ومن المرغوب فيه ان تكون الخطوة الجزئية الاولى للملف y_1 ، التى تميز عرض القطاع ، مساوية للتقسيم القطبى او قريبة منه ، وهى تتحدد بالصيغة

$$y_1 = \frac{z_e}{2p} \pm \varepsilon \quad \text{التالية :}$$

حيث z_e - عدد المجارى الاولى فى الملف ؛ $2p$ - عدد الاقطاب ؛ ε - صفر ، او كسر صحيح يجعل y_1 عددا صحيحا . فاذا كان الكسر $\varepsilon = 0$ ، فان الخطوة y_1 هى خطوة قطرية ، لانها تنطبق تماما مع التقسيم القطبى τ ، اما اذا كان الكسر ε يطرح من الخطوة ، فان الخطوة y_1 تكون مقصرة ، اما اذا اضيف الكسر ε الى الخطوة ، فانها تكون مطولة .



الشكل ٧١ - المخطط المنشور للملف العقدي البسيط لعضو الانتاج : (أ) عندما $z = 12$ ، $2p = 4$ ، والمخطط الكهربائى للفروع المتوازية (ب)

يبين الشكل ٧١ ، أ المخطط المنشور للملف العقدي البسيط لعضو الانتاج فى المكنة الرباعية الاقطاب $2p = 4$ ذات الموحد . ويتألف قلب عضو الانتاج من ١٢ مجرى $(z = 12)$ ويتوضع طرفان فعالان للقطاعات على طبقتين فى كل مجرى ، اى ان كل مجرى حقيقى يوافق

المجرى الاولى ($u_p = 1$ ؛ $z = z_e$) . والخطوة الجزئية الاولى $y_1 = 3$ هي عبارة عن الخطوة القطرية ، وذلك لانها توافق تماما التقسيم القطبي $\tau = z/(2p) = 12/4 = 3$.

والخطوة الجزئية الثانية $y_2 = 2$ ، اما الخطوة الناتجة $y = +1$ ، اى ان الملف يمينى ، وهذا واضح من المخطط .

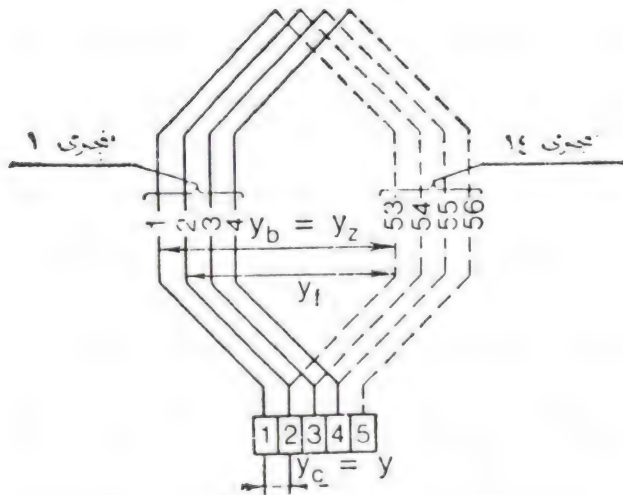
ان الاقطاب المبينة على المخطط ، كما لو انها عبارة عن انعكاس الاقطاب الحقيقية فى المرآة ، والواقعة فوق عضو الانتاج . وقد تم تحديد اتجاه القوة الدافعة الكهربائية فى الجوانب الفعالة للقطاعات ، المبين بواسطة الاسهم ، حسب القاعدة المعروفة وهى قاعدة اليد اليمنى مع الاخذ بعين الاعتبار اتجاه حركة الملف من اليسار نحو اليمين . ويؤخذ عرض تمثيل الاقطاب على المخططات عادة ، مساويا الى $0,8\tau$ وتوزع الفراشى على الموحد بحيث تكون القوة الدافعة الكهربائية الحاصلة من جميع القطاعات الموصولة بين الفراشى ذات القطبية المختلفة ، ذات قيمة كبرى . وسيحصل ذلك ، فيما اذا كانت الفراشى واقعة مقابل الاقطاب ، وتلامس مع صفائح التوحيد التى توصل معها مأخذ القطاعات المارة عبر الخط المحايد للمجال المغناطيسى للمكنة . وان المسافة بين منتصفى اقرب فرشيتين متجاورتين على الموحد لهما قطبية مختلفة ، تعادل $K/(2p)$ من تدريجات الموحد ، وهذا يعادل ثلاث تدريجات فى الملف قيد البحث وتوصل الفراشى ذات القطبية المتشابهة مع بعضها ، ثم توصل بواسطة اسلاك الوصل هذه الى المأخذ المطابقة فى علبة مأخذ المكنة .

واذا تتبعنا بانتباه اى مخطط لملف عقدى بسيط ، فانه ليس من الصعب ان نرى انه يتألف من فروع متوازية ، بحيث يدخل فى كل فرع متواز قسم من الملف يكون عند الدوران حول القلب واقعا بين خطين متجاورين حياديين للمجال المغناطيسى . وفى الملف الرباعى الاقطاب قيد البحث توجد اربعة خطوط حيادية مماثلة ، لذا فان الملف يحتوى على اربعة فروع متوازية $2a = 4$. وفى الحالة العامة يحتوى الملف العقدى البسيط على عدد من الفروع مساو لعدد الاقطاب فى المكنة .

ويبين الشكل ٧١ ، ب المخطط الكهربائي الذي يبين فيه توزيع القطاعات الى فروع متوازية في الملف الجارى بحثه من قبلنا . وقد تم اظهار القطاعات على المخطط على هيئة اقواس ونصف دوائر ، اعطى لكل منها رقم المجرى الذي يشغل القطاع المعطى الطبقة العلوية فيه . وهكذا ، كما هو واضح على المخطط ، توجد في ملفنا أربعة فروع متوازية ، بحيث يوجد في كل فرع قطاعان موصولان على التسلسل ، تتجمع قوتها الدافعة الكهربائية . اما القطاعات الاربعة ، التي تمر جوانبها الفعالة في هذه اللحظة عبر الخطوط الحياضية للمجال المغناطيسي ، فانها تغلف بالفراشي بشكل دائرات مقصورة .

وتتحدد قيمة ق . د . ك . (قوة دافعة كهربائية) في كامل الملف لعضو الانتاج بقيمة ق . د . ك . لفرع مواز واحد ، اما تيار ملف عضو الانتاج فيتحدد بمجموع تيارات الفروع المتوازية .

نحصل على مخططات منشورة معقدة جدا وكبيرة الحجم لملفات اعضاء الانتاج في الممكنات المتعددة الاقطاب والحاوية على عدد كبير من المجارى . وغالبا ما نلجأ في مثل هذه الحالات الى استخدام المخططات العملية حيث



الشكل ٧٢ - المخطط العملي للملف العقدي البسيط لعضو الانتاج عندما $z = 108$ ، $u_p = 4$ ، $2p = 2a = 8$

يرسم قسم من الملف يتم تكراره فيما بعد . ويبين الشكل ٧٢ المخطط العملي لملف عقدي بسيط يتمتع بالمعطيات التالية : $z = 108$ ، $2p = 2a = 8$ ، $u_p = 4$. وفي مثل هذا الملف تتوضع في طبقة واحدة لكل مجرى ، الجوانب الفعالة لاربعة قطاعات متجاورة حسب المخطط ، وذلك لان كل مجرى

حقيقى يحتوى على اربعة مجار اولية . وسيكون عدد القطاعات فى الملف وعدد صفائح التوحيد أكبر ؛ ٤ مرات من عدد المجارى . ولتحديد خطوة الملف فى المجارى الحقيقية y_2 يمكن استخدام الصيغة $y_2 \approx z/(2p) = 108/8 = 13,5$. وبما انه يمكن التعبير عن الخطوة بعدد صحيح فقط ، لذا نأخذها $y_2 = 13$.

ولنحدد الخطوة الجزئية الاولى للملف فى المجارى الاولى كما يلى :

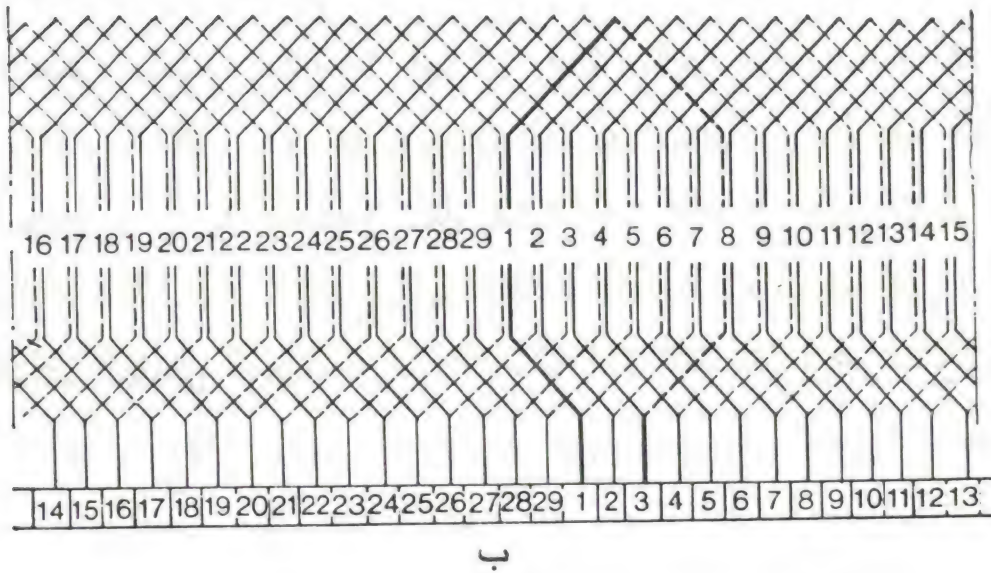
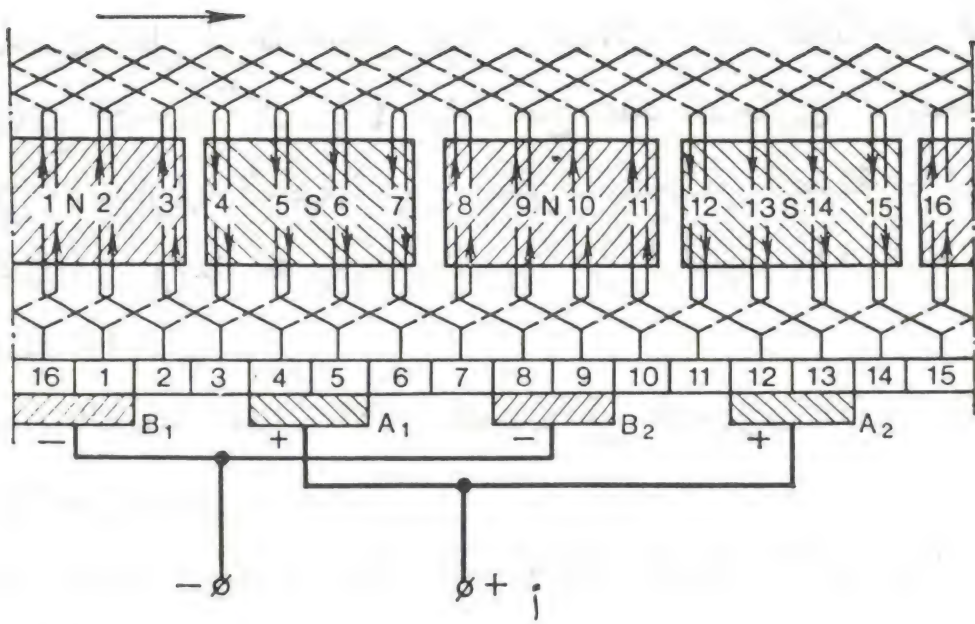
$$y_1 = y_2 u_p = 13 \cdot 4 = 52$$

ولنفذ الملف يمينا ، لذا فان الخطوة الجزئية الثانية سوف تكون :

$$y_2 = y_1 - 1 = 52 - 1 = 51$$

اما عدد صفائح التوحيد فهو : $K = u_p z = 4 \cdot 108 = 432$.
ويبدو من الشكل ٧٢ أن جوانب الوشعة المؤلفة من اربعة قطاعات ، تقع فى المجريين : ١ (الطبقة العلوية) و ١٤ (الطبقة السفلية) ، وهنا تبين ارقام المجارى الاولى التى تنتمى اليها جوانب القطاعات المبينة على المخطط .
المخطط العقدى المعقد ، يستخدم لزيادة عدد الفروع المتوازية لملف عضو الانتاج ، وهذا يكون ضروريا فى الممكنات القوية ذات الفلطة المنخفضة . ويتألف مثل هذا الملف من عدة ملفات عقدية بسيطة (فى الحالة العامة من m ، حيث m - معامل التكرار) ، اما كمية الفروع المتوازية فيها فهي $2a = 2pm$: وفى التطبيق العملى ، غالبا ما يتم اختيار معامل التكرار مساويا الى ٢ ، ويسمى مثل هذا الملف بالملف الثنائى الدور .

ويبين الشكل ٧٣ ، أ المخطط المنشور للملف العقدى المعقد الذى يكون فيه $2p = 4$ ، $z_e = 16$ و $m = 2$ ، ويتألف هذا الملف من ملفين عقديين بسيطين ، تنتمى للملف الاول جميع القطاعات المرقمة بأرقام فردية ، حيث توصل مأخذ هذه القطاعات مع صفائح التوحيد الفردية اما الملف الآخر فيتألف من القطاعات المرقمة بأرقام زوجية ، والموصولة مع صفائح التوحيد ذات الارقام الزوجية . ويغلق كل ملف بسيط بشكل منفصل على نفسه ، اما كهربائيا فالملفان متصلان فقط عن طريق الفراشى ، التى يجب ان يؤمن عرضها تغطية ما لا يقل عن صفيحتى توحيد (بشكل عام m) .



الشكل ٧٣ - مخطط الملفات العقدية المعقدة :

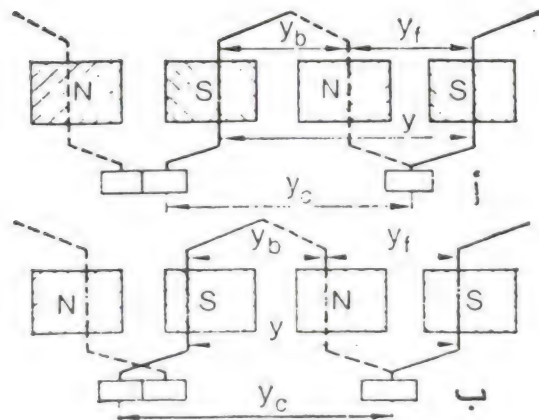
- أ - المخطط المنشور للملف الثنائي الادوار والحاوي على دائرتين مغلقتين ($z_1 = 16$ ، $2p = 4$) ،
 ب - المخطط المنشور للملف الثنائي الادوار ، والحاوي على دائرة واحدة مغلقة ($z_1 = 29$ ،
 $2p = 4$)

ويسمى الملف المدروس بالملف الثنائي الدور والثنائي الدائرة المغلقة ، وذلك لأن لكل من الملفين العقديين البسيطين الداخليين في تركيب الملف المعقد ، دائرة تغلق بشكل منفصل ، وهذا أصبح ممكناً لأنه عندما $m = 2$ تكون الخطوة على الموحد $y_k = 2$ ، وعدد صفائح التوحيد K في حالتنا هو عدد زوجي . وفي الحالة العامة ، اذا كان m القاسم المشترك الاعظم لـ y_k و K ، فان الملف المعقد سوف يتألف من m ملفاً فرعياً تغلق دائرة كل منها بشكل منفصل .

واذا كان عدد صفائح التوحيد (عدد القطاعات) فرديا فى الملف الثنائى الدور ($m=2$) ، فان الملف سيكون مغلق الدائرة لمرة واحدة (شكل ٧٣ ، ب) . واذا بدأنا بالدوران حسب مخطط الملف من صفحة التوحيد ١ ، فاننا نقطع خلال الدورة الاولى حول عضو الانتاج جميع القطاعات الفردية وصفائح التوحيد الفردية ، ومن ثم عند الدورة الثانية حول عضو الانتاج نقطع جميع القطاعات الزوجية وصفائح التوحيد الزوجية . وفى نهاية الدورة الثانية نعود الى صفحة التوحيد ١ ، التى بدأنا منها الدوران حول عضو الانتاج ، اى ان دائرة الملف أغلقت .

الملف الموجى البسيط ، يمتاز بان خطوطيه الجزئيتين y_1 و y_2 تنفذان فى نفس الاتجاه ، بحيث ان كلا منهما يساوى تقريبا التقسيم القطبى . ولذلك فان الخطوة الناتجة $y = y_1 + y_2$ تعادل تقريبا لتقسيمين قطبيين . وتساوى الخطوة على الموحد لدى الملف الموجى ، للخطوة الناتجة ، اى $y_k = y$. وبعد كل دوران حول عضو الانتاج ، يعود الملف الى صفحة التوحيد المجاورة لتلك الصفحة التى بدأنا منها الدوران (من اليمين او من اليسار) . ومن هنا ينتج ، انه يمكن ايجاد الخطوة على الموحد y_k بموجب الصيغة : $y_k = (K \pm 1)/p$.

توافق العلامة « + » للملف اليميني ، والعلامة « - » للملف اليسارى (شكل ٧٤ ، ب) . وتستخدم الملفات الموجية اليمينية بشكل نادر جدا بسبب الاجزاء الجبهية المتصلبة والاستهلاك الزائد لسلك اللف .



ولنرسم المخطط المنشور للملف الموجى اليسارى الذى يمتاز بالمواصفات التالية : $z = z_e = 13$ ، $2p = 4$. يمكن تحديد الخطوة الجزئية الاولى للملف بموجب الصيغة :

$$y_1 = \frac{z_e}{2p} \pm \varepsilon = \frac{13}{4} - \frac{1}{4} = 3$$

الشكل ٧٤ - قطاعات الملفات الموجية اليسارية (أ) واليمينية (ب)

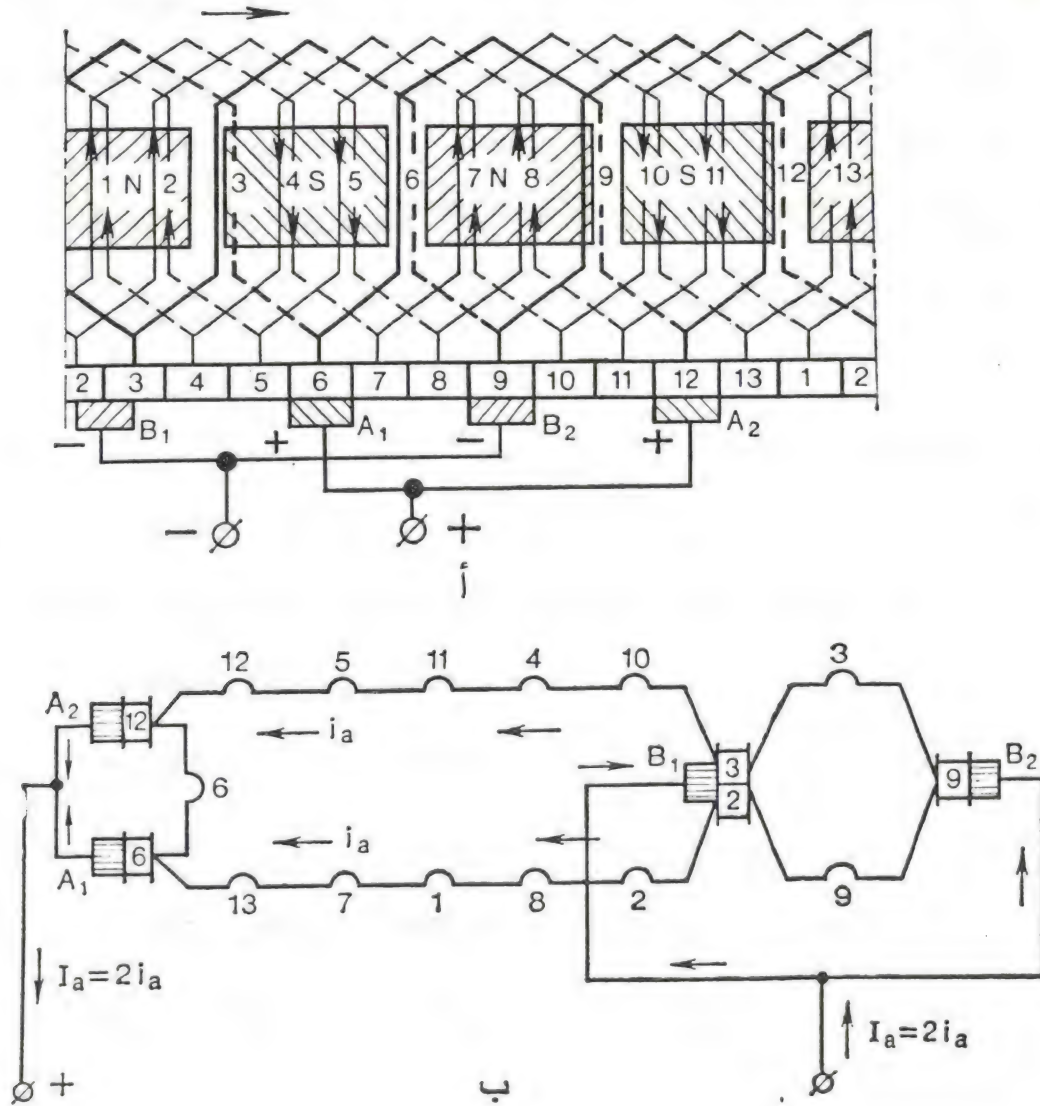
وبعد معرفة ان $K = z_e$ ، فانه يمكن حساب الخطوة الناتجة والخطوة

$$y = y_k = \frac{K \pm 1}{p} = \frac{z_e \pm 1}{p} = \frac{13 - 1}{2} = 6$$

على الموحد ، كما يلي :

ونجد الخطوة الجزئية الثانية من العلاقة : $y_2 = y - y_1 = 6 - 3 = 3$.

وليس من الصعب رسم المخطط بعد توفر هذه المعطيات ، وهو مبين على الشكل ٧٥ ، أ . ويبين الشكل ٧٥ ، ب المخطط الكهربائي للفروع المتوازية للملف ، حيث يبدو من المخطط ان عدد الفروع المتوازية هنا يساوى اثنين ، اي $2a = 2$ ، وهذا شيء يميز جميع الملفات الموجية البسيطة بغض النظر عن عدد الاقطاب في الممكنة . وكان بالامكان الاكتفاء باستخدام فرشيتين فقط في الملف مثلاً A_2 و B_2 ، غير انه في حالتنا هذه لكانت



الشكل ٧٥ - المخطط المنشور للملف الموجي البسيط ($z_e = 13$ ، $2p = 4$) (أ) ، والمخطط الكهربائي للفروع المتوازية (ب)

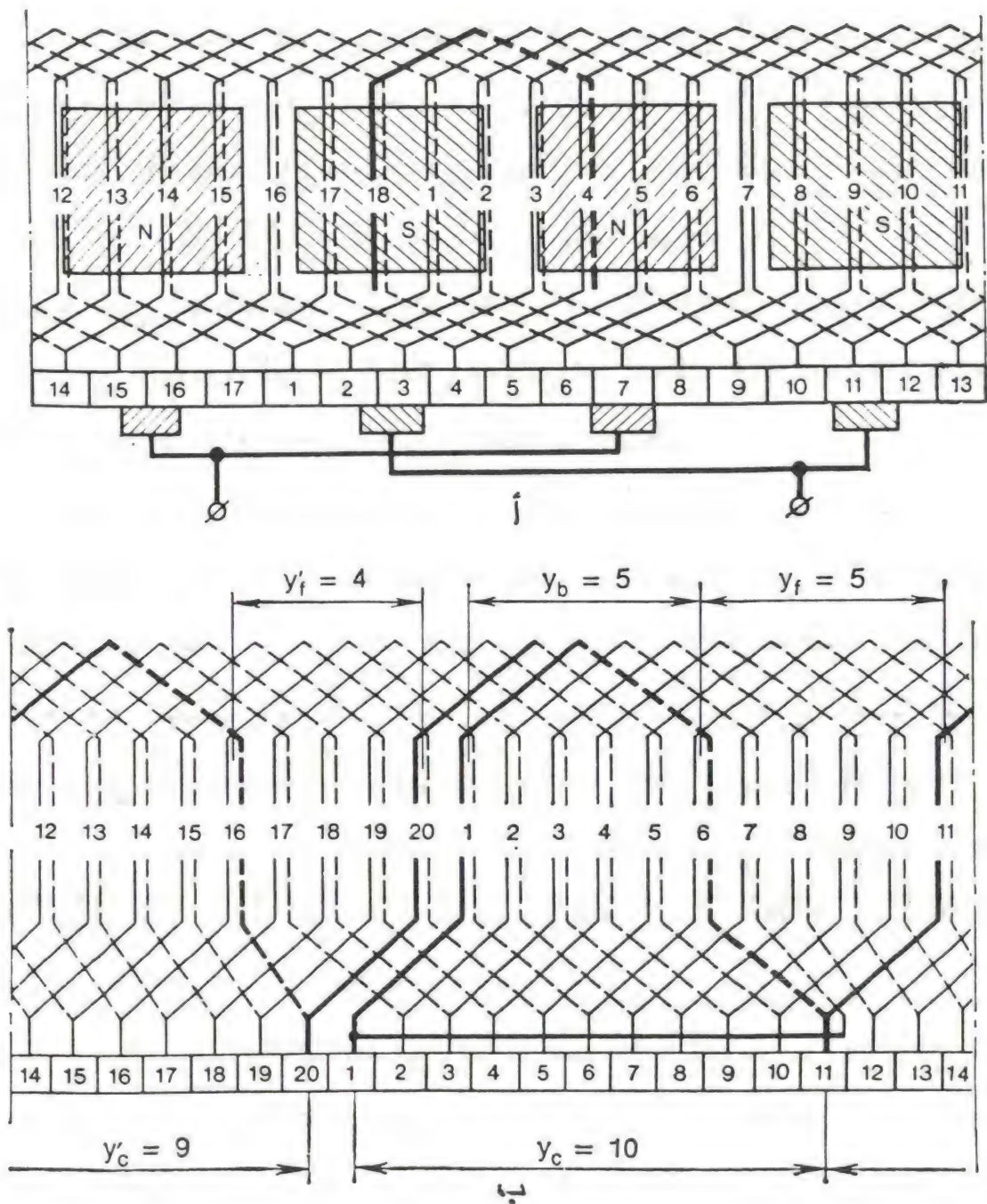
لدينا كمية غير متساوية من القطاعات في الفرعين المتوازيين : في احد الفرعين سبعة قطاعات وفي الآخر ستة . لذا توضع عادة كمية من الفراشي تعادل كمية الاقطاب الاساسية في الممكنة ، وهذا يسمح ايضا بتخفيض التيار المار في كل فرشاية ، وبانقاص ابعاد الموحد .

ويبدو من المخططات الواردة اعلاه ان القطاعات الموجودة في كل فرع مواز في الملف الموجي (التي يمكن ان تتكون من لفة واحدة او عدة لفات) تتوزع بانتظام تحت جميع اقطاب الممكنة .

لا يمكن تنفيذ الملف الموجي المتناظر (المتماثل) عند بعض العدد من صفائح الموحد . فاذا كانت الممكنة مثلا ، تحوى على عدد زوجي من ازواج الاقطاب وعدد زوجي من صفائح التوحيد ، فان الخطوة على الموحد ، كما يبدو من الصيغة الواردة اعلاه ، لا يمكن التعبير عنها بعدد صحيح ، اى الملف لن يكون متناظرا . وفي مثل هذه الحالات يترك قطاع واحد في الملف حرا ولا يوصل مع الموحد ، ويقلل عدد صفائح التوحيد بوحدة . ويبين الشكل ٧٦ ، أ مثل هذا الملف الحاوي على قطاع «ميت» ، وفيه $2p=4$ ، $z_e=18$ و $K=17$.

واذا لم يكن بالامكان انقاص عدد صفائح التوحيد ، عندئذ يستخدم ملف موجي يغلق اصطناعيا . وفي هذا الملف تكون الخطوة الناتجة مختلفة القيمة عن الخطوة على الموحد . وتحسب القيمة الثانية $y'_k = y'_k$ بعد افتراض ان عدد صفائح التوحيد والقطاعات أكبر بوحدة مما هو في الواقع . وان الخطوة الجزئية الثانية في الملف الموجي المغلق اصطناعيا ، لها ايضا قيمتان : $y'_2 = y' - y_1$ و $y_2 = y - y_1$. وعند رسم مخطط الملف (شكل ٧٦ ، ب) ، تتناوب الخطوات على الموحد y_k و y'_k ، بدءا من صفيحة التوحيد رقم ١ . وتوصل النهاية المتبقية للقطاع بعد الدوران مع الصفيحة رقم ١ بواسطة قطعة مستعرضة تغلق الملف اصطناعيا .

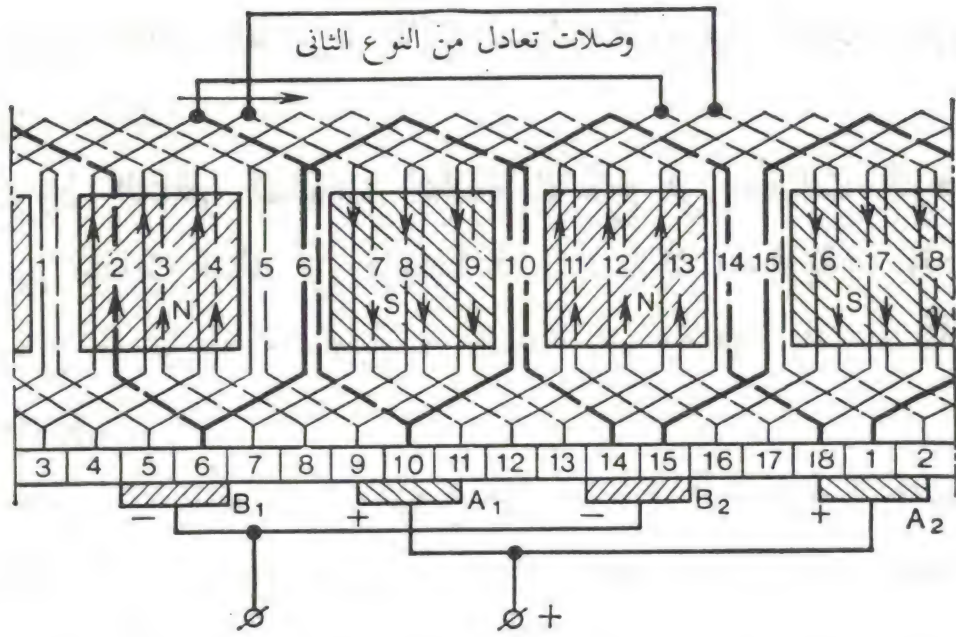
الملف الموجي المعقد (العديد الادوار) ، يتألف من عدة m ملفات موجية بسيطة موضوعة على عضو انتاج واحد (حيث m هي معامل التكرار) . ويكون عدد الفروع المتوازية للملف $2a=2m$ ، وذلك لان كل ملف من



الشكل ٧٦ - المخططات المنشورة للملفات الموجية غير المتناظرة :

أ - ذات القطاع «الميت» ($2p = 4$ ، $z_e = 18$) ، ب - المغلقة اصطناعيا ($2p = 4$ ، $z_e = 20$)

الملفات البسيطة m يحتوى على فرعين متوازيين . ولا تنتهى كل دورة حول عضو الانتاج فى الملف الموجى المعقد على صفيحة التوحيد الواقعة بجوار الصفيحة التى نبدأ منها ، بل تنتهى عند الصفيحة التى تبعد عنها بعدد m من الصفائح ، ويعبر عن خطوة الملف على الموحد بالصيغة $y_k(K \pm m)/p$. واذا كان القاسم المشترك الاكظم لـ y_k و m هو t ، فاننا نحصل على ملف موجى معقد يحتوى على دوائر مغلقة متعددة (t مرة) ، وهو يتألف من t



الشكل ٧٧ - المخطط المنشور للملف الموجي المعقد والحاوية على دائرتين مغلقتين
($m=2$ ، $2p=4$ ، $z=18$)

من الملفات الموجية البسيطة ، المتحدة مع بعضها كهربائيا فقط عن طريق الفراشي التي تغطي في آن واحد m من صفائح التوحيد .
ويبين الشكل ٧٧ المخطط المنشور للملف الموجي المعقد الذي تكون فيه $2p=4$ ، $z_e=K=18$ ، $m=2$. وتكون خطوة مثل هذا الملف على الموحد $y_k = (K-m)/p = (18-2)/2 = 8$ ، وبما أن القاسم المشترك الأعظم لـ $y_k=8$ و $m=2$ هو $t=2$ ، فإن الملف الموجي المعقد قيد البحث هو عبارة عن ملف له دائرتان مغلقتان ، أي أنه يتألف من ملفين موجيين بسيطين منفصلين ، يتصلان كهربائيا فقط عن طريق الفراشي . وتكون خطوات الملف : $y_1 = \frac{z_e}{2p} - \varepsilon = \frac{18}{4} - \frac{1}{2} = 4$ ويكون عدد الفروع المتوازية للملف $2a = 2p = 2m = 4$.

عندما لا يكون هناك في الملف الموجي المعقد قاسم مشترك أعظم لـ y_k و m ، أي $t=1$ ، فإننا نحصل عندئذ على ملف موجي معقد له دائرة مغلقة واحدة . وفي التطبيق العملي تستخدم في أعضاء الانتاج للمكونات العديدة

الاقطاب ذات الفلطية العالية ، غالبا الملفات الموجية الثنائية الدور والحاوية على دائرتين مغلقتين .

ان شروط التناظر لملفات اعضاء الانتاج فى مكينات التوحيد ، اى الحصول على ملفات تتولد فى فروعها ق . د . ك متساوية ، وتكون مقاومة جميع الفروع المتوازية متساوية ، مهما كان وضعها بالنسبة للاقطاب ، تصاغ كما يلى :

١- يجب ان يتألف كل زوج من الفروع المتوازية للملف من عدد واحد من القطاعات . وهذا يمكن ان يحصل فقط عندما يكون عدد القطاعات صحيحا بالنسبة لكل زوج من الفروع المتوازية ، اى S/a عدد صحيح .
٢- يجب ان تشغل قطاعات كل زوج من الفروع المتوازية نفس العدد من المجارى فى عضو الانتاج ، اى z/a عدد صحيح .

٣- يجب ان يشغل كل زوج من الفروع المتوازية للملف وضعاً متشابهاً بالنسبة لمنظومة الاقطاب ، وهذا يمكن فقط فى تلك الحالة التى يكون فيها $2pa$ (او $2pm/a$) عدداً صحيحاً .

ويبين الجدول ١٢ شروط التناظر (التماثل) التى تطبق على انواع محددة من الملفات المدروسة ، وفى هذا الجدول تذكر الصيغ الاساسية لتحديد خطوات الملف وعدد الفروع المتوازية .

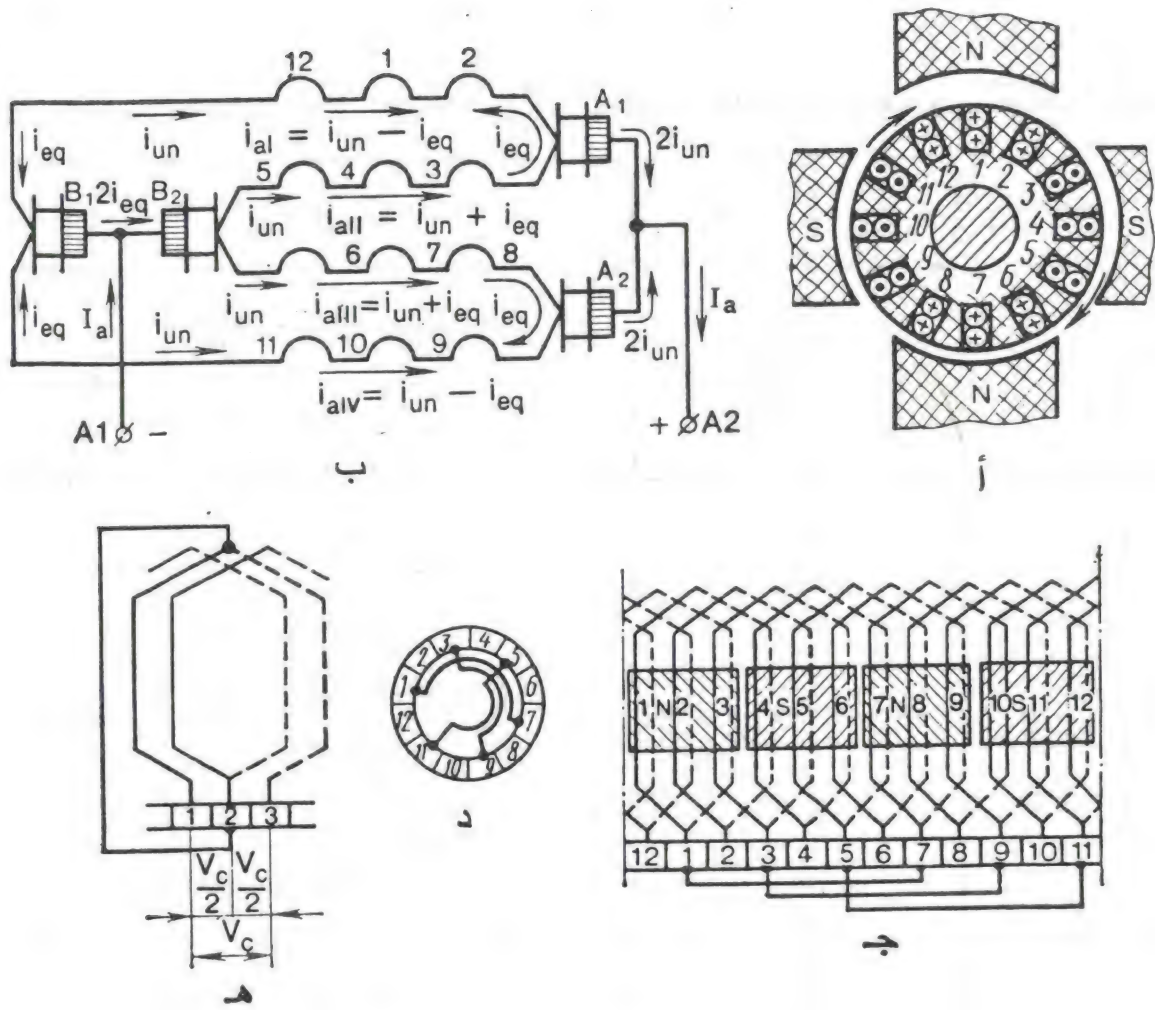
وصلات التعادل ، تستخدم لاستبعاد التأثير الضار على عمل المكنة للتوزيع غير المنتظم للتيار فى الفروع المتوازية للملف عضو الانتاج ، وللتوزيع غير المنتظم للفلطية بين صفائح الموحد .

فى الملفات العقدية يقع كل فرع متواز تحت زوج من الاقطاب المتجاورة . فاذا كانت المكنة المزودة بمثل هذا الملف فى عضو الانتاج ، تحتوى على اربعة اقطاب رئيسية وأكثر (أى $p \geq 2$) ، ويوجد عدم تناظر فى المنظومة المغناطيسية (بسبب عدم انتظام الخلوص الهوائى مثلاً) ، فان القوة الدافعة الكهربائية المتولدة فى الفروع المتوازية للملف ستكون مختلفة ، مما يؤدى الى ظهور تيارات التعادل .

شروط التناظر والخطوات وعدد الفروع المتوازية للملفات العقدية والموجية في مكينات التوحيد

نمط الملف	شروط التناظر	y_1	y_2	$y = y_k$	$2a$
العقدى البسيط	$\frac{K}{p}$ - عدد صحيح $\frac{z}{p}$ - عدد صحيح	$\frac{z_e}{2p} \pm \varepsilon$	$y_1 \pm 1$	± 1	$2p$
العقدى المعقد	$\frac{K}{p}$ - عدد صحيح، ليس من مضاعفات m ؛ $\frac{z}{p}$ - عدد صحيح، ليس من مضاعفات m ؛ u_p - عدد صحيح، ليس من مضاعفات m ؛	$\frac{z_e}{2p} \pm \varepsilon$	$y_1 \pm m$	$\pm m$	$2pm$
الموجى البسيط	$\frac{K}{z} - u_p$ عدد صحيح (لدى الملفات المستخدمة، غير المتناظرة، والحاوية على قطاع «ميت»، يكون $\frac{K+1}{z}$ عددا صحيحا)	$\frac{z_e}{2p} \pm \varepsilon$	$y - y_1$	$\frac{K \pm 1}{p}$	2
الموجى المعقد	$\frac{z}{a}$ - عدد صحيح؛ $\frac{K}{z} - u_p$ عدد صحيح $\frac{2p}{a}$ - عدد صحيح	$\frac{z_e}{2p} \pm \varepsilon$	$y - y_1$	$\frac{K \mp a}{p}$	$2m$

فعند التمرکز غیر الصحيح لعضو الانتاج مثلا (الشكل ٧٨ ، أ) ، حيث يكون الخلوصل تحت القطب العلوى اكبر من الخلوصل تحت القطب السفلى ، س ف نحصل على ق . د . ك فى الفرعين المتوازيين الاول والرابع أقل مما يتولد فى الفرعين الثانى والثالث (الشكل ٧٨ ، ب) . ويكون عندئذ



الشكل ٧٨ - وصلات التعادل :

أ - الوضع غير المتناظر لعضو الانتاج في المكنة الرباعية الاقطاب ، ب - المخطط الكهربائي للفروع المتوازية للملف العقدي لعضو الانتاج في المكنة الرباعية الاقطاب ، وتيارات التعادل المارة فيها ؛ ج - وصلات التعادل من النوع الاول في الملف العقدي ، عندما $2p=4$ ، $z=z_e=K=12$ ؛ د - توصيل صفائح الموحد بتوصيلات التعادل من النوع الاول ، ه - وصلات التعادل من النوع الثاني في الملف العقدي المعقد

كمونا الفرشاتين B_1 و B_2 غير متساويين ، وتظهر في الفروع المتوازية للملف تيارات التعادل i_{comp} ، التي تغلق دائرتها عبر الناقل الواصل بين الفرشاتين B_1 و B_2 ، ولا تخرج الى الدائرة الخارجية للمكنة . وبما ان مقاومة عضو الانتاج غير كبيرة ، فان تيارات التعادل i_{comp} تصل الى قيمة كبيرة ، حتى عند الاختلاف الضئيل في ق . د . ك المتولدة في الفروع المتوازية . وبالنتيجة ، سيكون قسم من الفروع المتوازية غير محمل بالكامل (في حالتنا الفرعان الاول والرابع) ، وسيكون القسم الآخر مفرط التحميل (الفرعان الثاني والثالث) وحاميا بشكل زائد . وبالإضافة الى ذلك تزداد حمولة

قسم من الفراشى (فى حالتنا الفرشاة B_2) حيث تفوق كثافة التيار تحتها الحدود المسموح بها ، مما يؤدى الى ظهور الشرر بشكل مفرط ، على الموحد . ولمكافحة التأثير الضار لتيارات التعادل ، توصل كهربائيا فيما بينها ، نقاط ملف عضو الانتاج ، التى يجب ان يكون كمونها واحدا . وتسمى هذه الوصلات (للملف العقدى البسيط فى حالتنا) بوصلات التعادل من الصنف الاول ، وهى تنفذ باسلاك نحاسية مقطوعها يتراوح من خمس حتى ثلث مقطع سلك الملف ، وتوصل مع نقاط الملف التى يسهل الوصول اليها ، التى تكون عبارة عن صفائح الموحد او الاقسام الجبهية من الجانب المقابل للموحد . وتعادل كمية هذه النقط لعدد الاقطاب فى المكنة ، وتدعى المسافة الكائنة بين نقطتين متجاورتين متساويتى الكمون بالخطوة الكمونية y_{comp} . وعند وضع وصلات التعادل من جهة الموحد تقاس الخطوة y_{comp} بعدد تقسيمات الموحد : $y_{comp} = K/a = K/p$.

وان العدد الكلى لوصلات التعادل من النوع الاول التى يمكن ان توجد فى الملف ، هو $N_{comp} = K/a$. غير انه تنفذ بالعدد الكامل لوصلات التعادل ، فقط تلك الملفات الموجودة فى المكنات الضخمة والهامة ، مثلا محركات مكينات الدرفلة . اما فى المكنات المتوسطة القدرة ، فيعتبر كافيا وجود عدد من وصلات التعادل مساويا لعدد المجارى الحقيقية . وفى المكنات الصغيرة الرباعية الاقطاب تنفذ عادة ٣ - ٤ وصلات تعادل .

يبين الشكل ٧٨ ، ج ، د وصلات التعادل من النوع الاول ، فى عضو الانتاج لمكنة رباعية الاقطاب ($2p = 4$) ، تحتوى على ملف عقدى بسيط مؤلف من ١٢ قطاعا . وتكون الخطوة الكمونية هنا $y_{comp} = K/p = 12/2 = 6$ ، اما العدد الكلى الممكن لوصلات التعادل $N_{comp} = K/a = 12/2 = 6$ ، نفذت منها ثلاث وصلات .

ومن الجدير بالذكر ان وجود وصلات التعادل لا ينزع الحمولة الزائدة عن الملف والفراشى من تيارات التعادل فحسب ، بل ويضعف ايضا تأثير السبب الذى يستدعى ظهور تيارات التعادل . ويحصل ذلك ، لأن تيار

التعادل المار عبر وصلات التعادل والملف يقوى المجال المغناطيسى حيث كان ضعيفا ، ويضعفه حيث كان قويا .

ولا تحتاج الملفات الموجية البسيطة الى وصلات تعادل ، لأن قطاعات كل فرع متواز هنا تقع تحت جميع الاقطاب ، وينعكس عدم انتظام السيادة المغناطيسية تحتها بدرجة واحدة على ق . د . ك المتولدة فى الفروع المتوازية ، اى تبقى هذه ق . د . ك متساوية .

وفى الملفات المعقدة الموجية والعقدية ، توصل الملفات البسيطة التى تشكل الملفات المعقدة على التوازي عبر تماسات الفراشى على الموحد . وبما ان المقاومات الانتقالية بين الفراشى وصفائح الموحد ، التابعة للملفات البسيطة لا يمكن ان تكون متساوية بدقة عمليا ، فان التيار يتوزع ايضا بين الملفات بشكل غير متساو . وهذا يودى الى الخلل فى التوزيع المنتظم للكمون على الموحد ، ويمكن ان يستدعى هنا ظهور الشرر بكمية كبيرة . ولازالة التوزيع غير المنتظم للفلطية على الموحد تستخدم وصلات التعادل من النوع الثانى ، التى توصل كهربائيا نقط الكمون المتساوى مع بعضها فى الملفات البسيطة الداخلة ضمن الملف المعقد .

وفى الملفات العقدية المعقدة تنفذ وصلات التعادل من النوع الثانى كما هو مبين على الشكل ٧٨ ، هـ . ويساوى معامل التكرار لهذا الملف الى اثنين ، ولذلك توصل مآخذ القطاعات مع الموحد عبر صفيحة توحيد واحدة (صفيحة رقم ١ ورقم ٣) . ويجب على الصفيحة رقم ٢ التى تنتمى الى الملف البسيط الثانى ، ان تقسم فلطية القطاع بالنصف ، ولهذا الغرض تم تنفيذ وصلة التعادل المبينة على الشكل من النوع الثانى . و من الجدير بالذكر ان تنفيذ وصلات التعادل الواصلة بين نقط الملف الواقعة على جانبى عضو الانتاج ، مرتبط بصعوبات معينة : نضطر لسحبها عبر ثقب كائنة بين الجذع وقلب عضو الانتاج .

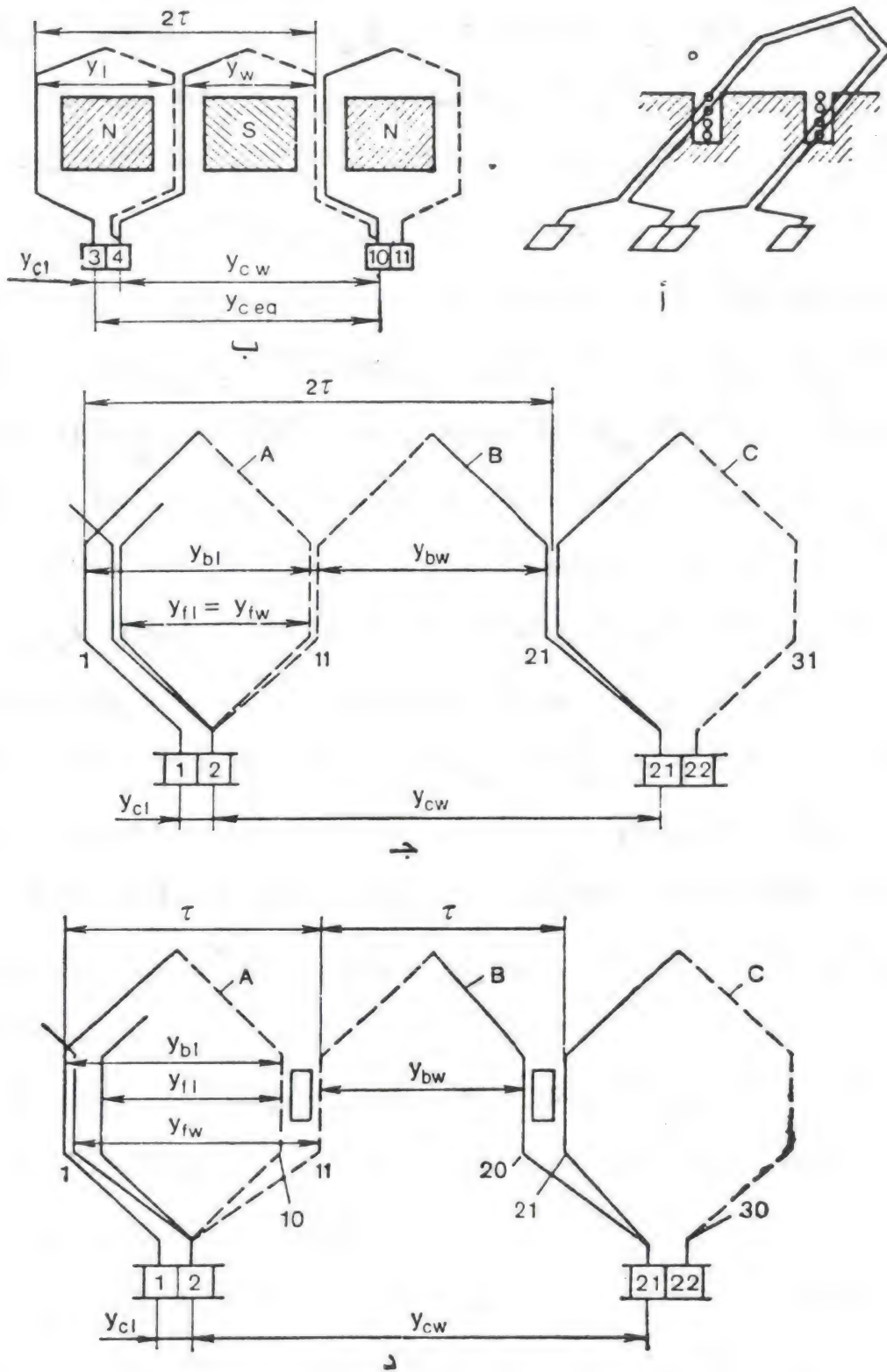
ويجب علينا ان نتذكر ، انه اذا كنا نضطر لاستخدام وصلات تعادل من النوع الثانى فقط فى الملفات الموجية المعقدة ، فاننا نحتاج فى الملفات العقدية الى استخدام وصلات تعادل من النوعين : الاول والثانى .

الملف المختلط «الضفدعى» ، هو عبارة عن ملفين موصولين على التوازي : الملف العقدي والملف الموجي المعقد ، موضوعين فى نفس مجارى عضو الانتاج على اربع طبقات ، وموصولين مع نفس الموحد . وتوصل مع كل صفيحة توحيد اربعة اسلاك : سلكان من كل ملف . ويجب ان يكون عدد الفروع المتوازية واحدا وكذلك عدد القطاعات والاسلاك الموصولة على التسلسل فى كلا الملفين ، وذلك لأنه يمر فى كل ملف نصف تيار عضو الانتاج ، وكلا الملفان موصولان على التوازي . ويتم اختيار معامل التكرار للملف الموجي المعقد من شرط تساوى عدد الفروع المتوازية للملفات الداخلة ضمن تركيب الملف المختلط . فمثلا ، اذا كانت الممكنة رباعية الاقطاب ، فان الملف العقدي البسيط الداخلى فى تركيب الملف «الضفدعى» ، سوف يتألف من اربعة فروع متوازية . ويجب ان يكون نفس هذا العدد من الفروع المتوازية فى الملف الموجي المعقد ، اى يجب ان يكون معامل التكرار مساويا ٢ ، وذلك لان الملف الموجي البسيط يحتوى فقط على فرعين متوازيين . وهكذا ، فان الملف «الضفدعى» فى الممكنة الرباعية الاقطاب يتألف من ملف عقدي بسيط وملف موجي معقد مضاعف .

والميزة الاساسية للملف المختلط هى العدد الكبير للفروع المتوازية ، وانعدام وصلات التعادل . وبما ان تكنولوجيا تنفيذ هذه الملفات معقدة ، فانها تستخدم فقط فى الممكنات ذات القدرة الكبيرة و فى بعض الممكنات السريعة وغير الكبيرة ، التى يصعب فيها تنفيذ وصلات التعادل . ويبين الشكل ٧٩ ، أ موقع قطاعات الملف المختلط فى المجارى ، ويبين الشكل ٧٩ ، ب قسما من مخططة المنشور . وتكون خطوات قطاعات الملفات ، التى تشكل الملف المختلط ، متشابهة $y_{1w} = y_{1e}$. وان خطوة الملف المختلط تساوى مجموع خطوات الملفات المكونة :

$$y_1 = y_{1e} + y_{1w} = z_e/(2p) + z_e/(2p) = z_e/p = K/p = y_{comp}$$

ولهذا فان صفائح الموحد التى كان من الواجب وصلها بوصلات تعادل ، تكون فى الملف المختلط موصولة بالقطاعات .



الشكل ٧٩ - الملف المختلط («الضفدعي») :

- أ- وضع قطاعات الملف المختلط في المجارى ؛ ب- جزء من المخطط المنشور للملف المختلط ،
 ج- مخطط الملف عندما $z=40$ ، $2p=4$ ، $y_{1l}=y_{1w}=10$ ، $y_{2l}=y_{2w}=10$ ،
 د- مخطط الملف عندما $z=40$ ، $2p=4$ ، $y_{1l}=y_{1w}=9$ ، $y_{2l}=y_{2w}=10$

وبين الشكل ٧٩ ، ج- قسما من المخطط المنشور للملف المختلط

الذى فيه : $2p=4$ ، $z=40$ ، $u_p=1$ ، $K=u_p \cdot z=1 \cdot 40=40$

اما خطوات الملف العقدي فهي : $y_{1e}=10$ ؛ $y_{2e}=9$ ، $y_{comp}=1$ ،
 وخطوات الملف الموجي : $y_{1w}=10$ ، $y_{2w}=9$ ، $y_{comp}=19$.
 ويمكن تحديد خطوات الملف «الضفدعي» حسب هذا المخطط ،
 بالطريقة التالية : نجد خطوات الملف العقدي ونرسم على المخطط القطاعين
 A و C المزاحين بالنسبة لبعضهما البعض بمقدار 2τ . ومن ثم نوصل
 صفيحة التوحيد ٢ ، حيث نوصل طرف القطاع A بواسطة القطاع B من
 الملف الموجي ، مع بداية القطاع C . ويوضع القطاع B في تلك المجارى
 التى تستلقى فيها قطاعات الملف العقدي . ومن معطيات الرسم الحاصل
 نحدد خطوات الملف الموجي y_{1w} و y_{2w} و y_{comp} ، ومن ثم نتأكد
 من الخطوة على الموحد ، المحسوبة من المخطط ، بموجب الصيغة التالية :
 $y_{kw} = (K + a)/p$. ويجب ان يكون مجموعة الخطوات على الموحد للملفين
 العقدي والموجي اللذين يشكلان الملف «الضفدعي» حسب العلاقة :
 $y_{kl} + y_{kw} = K/p$

ومن المخطط المبين على الشكل ٧٩ ، د تكون الخطوات الاولى للملفين
 الموجي والعقدي مقصرة بمقدار مجرى واحد : $y_{1e}=9$ ، $y_{1w}=9$. وعندئذ
 تكون الخطوات الثانية : $y_{2e}=8$ ، $y_{2w}=10$. وتبقى الخطوة على الموحد كما في
 السابق. وان مثل هذا المخطط ، الذى يمكن الحصول عليه على شرط ان
 $z/(2p)$ يساوى عددا صحيحا ، يساهم في تحسين تحويل المكنة للتيار الكهربائي.

أسئلة للمراجعة

- ١- ما هي انواع الملفات التى تعرفها فى المكنات الكهربائية ؟
- ٢- ارسم المخططين : المنشور والجانبى ، للملف الثلاثى الاطوار الاحادى الطبقة والمتمركز
 والثنائى المستويات ، بالمعطيات التالية : $z=36$ ، $2p=4$ ، $a=2$.
- ٣- تحدث عن الملفات الشابلونية الاحادية الطبقة والثلاثية الاطوار وخصائصها .
- ٤- ارسم المخطط المنشور والمخطط الجانبى المبسط للملفات العقدية الثلاثية الاطوار
 والثنائية الطبقات ، بالمعطيات التالية :
 $z=24$ ، $2p=2$ ، $a=1$ بخطوات قطرية ومقصرة ؛
 $z=36$ ، $2p=4$ ، $a=1$ و $a=2$ ، بخطوة قطرية واخرى مقصرة ؛
 $z=54$ ، $2p=6$ ، $a=1$ بخطوة مقصرة ($p \approx 0,8\tau$).

- ٥ - ارسم مخططات الملفات العقدية الثلاثية الاطوار ذات العدد الكسرى q بالمعطيات التالية :
- $z = 36$ ، $2p = 8$ ، الملف احادى الطبقة ؛
- $z = 48$ ، $2p = 6$ ، الملف ثنائى الطبقات .
- ٦ - كيف يتم تحويل عدد ازواج الاقطاب فى الملفات الثلاثية الاطوار والمتعددة السرعات ؟
- ٧ - ارسم المخطط المنشور لملف العضو الساكن للمحرك اللامتزامن الاحادى الطور المزود بملف اقلاع فيه $z = 36$ و $2p = 4$.
- ٨ - ما هى انواع الملفات لاعضاء الانتاج فى مكينات التوحيد ؟

الباب السادس :

تنظيم اصلاح المكنات الكهربائية والمحولات

البند ٢٨ - منظومة الاصلاح الوقائى المخطط ، انواع الاصلاح ، بنية منشآت الاصلاح الكهربائى

لقد اعتمدت فى الاتحاد السوفيتى منظومة الاصلاحات الوقائية المخططة ، التى يعتبر فحواها هو التنفيذ المخطط لمجمل الاعمال والاجراءات المتعلقة بصيانة المعدات الكهربائية واصلاحها . ويتم تحديد تتابع الاصلاحات وحجمها ودوريتها حسب منظومة الاصلاح الوقائى المخطط ، تبعا لانظمة العمل وظروف الاستثمار للمعدات الكهربائية ، مع الاخذ بعين الاعتبار ضرورة تأمين العمل المتواصل للمنشأة بدون تكؤ ، مع الحفاظ على أمن الافراد القائمين على صيانة المعدات الكهربائية . وتعتبر منظومة الاصلاح الوقائى المخطط ، منظومة مخططة للاجراءات التى تضمن العمل المستمر والخالى من الاعطال للمعدات الكهربائية . ونتيجة للاستخدام الواسع على مدى سنوات عديدة لهذه المنظومة فى الصناعة ، فقد انخفضت النفقات المصروفة على صيانة المعدات الكهربائية ، ونقص عدد الحوادث ، ونقص وقت التوقف ، وازدادت ضمانية عمل المعدات الكهربائية ، وارتفع المستوى الفنى لعمل الاصلاح الكهربائى .

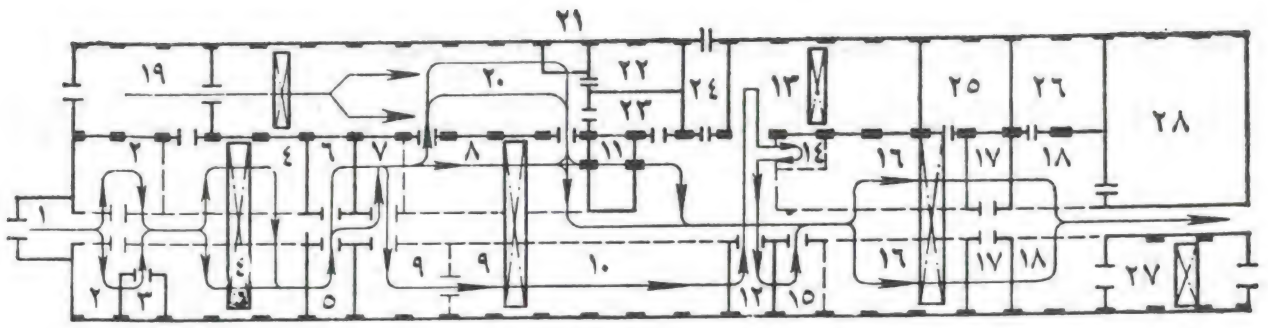
تقضى منظومة الاصلاح الوقائي المخطط للمعدات الكهربائية تنفيذ نوعين رئيسيين لاصلاح المحركات الكهربائية والمحولات : المتوسط والعام (العمره) .

يتم تنفيذ الاصلاح المتوسط بهدف تحسين حالة عوازل الملفات والدهان باللك ، وذلك بتنظيفها وغسلها وتجفيفها وتثريبها ودهنها باللك ، وازالة الاعطال الطفيفة لنعوازل ، والاعطال الموجودة فى تثبيت الملفات ، والكشف عن الاعطال فى الوصلات وازالتها (لحام المونة الرديء ، والتماسات الرديئة) ؛ وازالة أعطال حلقات التماس والموحدات بواسطة الخراطة والتجليخ وحفر الممرات ؛ وفحص جميع الاجزاء والعناصر ؛ واستبدال الاجزاء المتآكلة والمعطوبة .

ان الهدف الاساسى من الاصلاحات المتوسطة هو تجنب التآكل المفرط للمعدات الكهربائية والمحافظة عليها فى حالة الجاهزية للعمل .

اما مهمة الاصلاح العام فهى استعادة او تبديل جميع الاجزاء المتآكلة والمعطوبة ، والاجزاء والملفات لتأمين عمل المكنة الكهربائية او المحول بلا تلكؤ لمدة طويلة تحددها اصول الاستثمار الفنى او غيرها من الانظمة . ويمكن انجاز الاصلاح العام بدون تعديلات اساسية على تصميم المعدات الكهربائية الجارى اصلاحها ، وكذلك يمكن ان يرتبط بأعمال تحسين المواصفات الاستثمارية والتصميم للمكنات الكهربائية ، مثلا تعديل العضو الدوار الطورى للمحرك الى قفص السنجاب ، او تبديل العازل القديم للملف بأخر جديد أكثر تحملا للحرارة ، وهكذا .

وغالبا ما يحتاج الامر الى التحديث عند اجراء الاصلاح العام (مراجعة عامة او عمرة) للمحولات والمكنات الكهربائية ذات التصميم القديم ، اى تحسين التصميم والخواص الاستثمارية ورفع الضمانة وقابلية الاصلاح والامان . والهدف الاساسى للتحديث هو تقريب المعدات الكهربائية القديمة وغير الكاملة فنيا ، من التصميم الحديثة التى تلبى أكثر ما يمكن للمتطلبات المعمول بها ، ولظروف الاستثمار .



الشكل ٨٠ - مخطط ورشة الاصلاح المتواصل للمحركات الكهربائية والمكنات العاملة بالتيار المستمر :

- ١ - غرفة مدخل ، ٢ - ساحة لتخزين المعدات الكهربائية الواردة للاصلاح (معدات الاصلاح) ،
- ٣ - قاعدة اختبار قبل الاصلاح ، ٤ - اقسام الفك ، ٥ - حجرة تنظيف وغسيل المعدات الكهربائية المفكوكة ، ٦ و ٧ - قواعد الاختبار قبل الاصلاح للاجزاء الميكانيكية والكهربائية ، وكذلك تحديد اعطال المعدات الكهربائية ، ٨ - مستودع المعدات الكهربائية المفكوكة ،
- ٩ - ساحات لفك الملفات المعطوبة ، ١٠ - مبنى لاستعادة عازل الاسلاك في الملفات المعطوبة ،
- ١١ - مستودع القطع التبديلية ، ١٢ - قاعدة فحص واختبار الملفات كهربائيا ، ١٣ - قسم التجفيف والتشريب ، ١٤ - ساحة لتبديل اربطة الاسلاك ، ١٥ - ساحة لتخزين الاعضاء الساكنة واعضاء الانتاج والاعضاء الدوارة الطورية ، ١٦ - اقسام تجميع المكنات ، ١٧ - قواعد اجراء الاختبارات النهائية ، ١٨ - مستودعات المعدات التي تم اصلاحها ، ١٩ - ورشة اللحام والتصنيع ، ٢٠ - قسم التسوية والاصلاح الميكانيكي ، ٢١ - قاعدة اختبار الاجزاء الحاوية على عوازل كهربائية ، ٢٢ - ورشة الغلفنة ، ٢٣ - مستودع العدد ، ٢٤ - مستودع مواد اللف والعزل ، ٢٥ - ورشة لاستعادة وتصنيع اسلاك اللف ، ٢٦ - ورشة التركيب الكهربائي ، ٢٧ - ورشة اصلاح المحولات ، ٢٨ - ابنية المكاتب والخدمات

يتأمن الانجاز الفعال والمرتفع الانتاجية لاعمال الاصلاح عن طريق الاختيار الصحيح لمخطط ورشة الاصلاح الكهربائي ، واستخدام مبدأ تقدمي للاعمال ، واستخدام التكنولوجيا العصرية .

ويبين الشكل ٨٠ خطة نموذجية مع تقسيم ورشة الاصلاح الكهربائي ، للقيام بالاصلاح المتواصل للمحركات الكهربائية في مؤسسة ضخمة .

يمكن في الحالات الضرورية استخدام ورشة الاصلاح ، ليس فقط من اجل اصلاح المكنات الكهربائية والمحولات ، ولكن كذلك لاصلاح المعدات الكهربائية الاخرى . ولهذه توسيع تعداد المعدات الكهربائية التي يمكن اصلاحها ، يمكن ان يستخدم بنجاح قسم من المساحات الانتاجية المتوفرة ، والمخارط المتوفرة والعدد والنبائط .

ويمكن تنفيذ اصلاح المكنات الكهربائية والمحولات المستخدمة في المنشآت الصناعية المتوسطة والصغيرة في ورشات الاصلاح الكهربائية حسب المخطط التكنولوجي للاصلاح ، المبين على الشكل ٨١ .

تحدد في كل منشأة صناعية ابعاد ورشة الاصلاح الكهربائي وتزويدها بالمعدات الخاصة ومكنات قطع المعادن وأجهزة اللحام ، بموجب التكنولوجيا المعتمدة للاصلاح ، وقائمة المعدات الكهربائية وقدرتها وكميتها ، الواجب اصلاحها في المدد المحددة التي تلبى حاجات المنشأة .

البند ٢٩ - النظام المتبع للقيام بعملية اصلاح المكنات الكهربائية والمحولات

لقد اعتمدت غالبية المنشآت في ورشات الاصلاح الكهربائي ، النظام التالي للقيام باصلاح المعدات الكهربائية : ترد المعدات الكهربائية الواجب اصلاحها من المستودع الى قسم الفك ، حيث تنظف وتفرغ من الزيت ، ويتم اجراء الاختبارات الضرورية قبل الاصلاح ، ثم تفك المعدات ووحداتها ، ويتم تحديد أعطالها (يتم تحديد حجم الاصلاح اللازم ، وحالة ودرجة تآكل الوحدات والاجزاء ، وتنظم الوثائق اللازمة للاصلاح) ، حيث تنظم خارطة سير الاصلاح ، وترسل الوحدات والاجزاء المعطوبة من المعدات الكهربائية الى اقسام الاصلاح الموافقة ، اما الوحدات والاجزاء الصالحة فترد الى قسم التزود بالقطع . ويجب ان تتوفر في قسم الفك وسائط رفع ونقل بالحمولة المطلوبة ، ومكنات غسيل ، ونوازع هيدرولية ولولبية ، ونبائط لاجراج العضو الدوار من العضو الساكن للمحرك ، ومكنة لتزج الملفات من مجارى العضو الساكن للمحرك ، واجهزة لحام كهربائي وغازي ، واطقم مناسبة من العدد الكهربائية واليدوية لفك المعدات الكهربائية ، ومعدات ونبائط خاصة لفك المكنات والاجهزة الكهربائية غير القياسية او ذات التنفيذ الخاص .

وفي قسم الاصلاح الميكانيكي يتم اصلاح وتحضير اجزاء جديدة للمعدات الكهربائية (اعمدة ، موحدات ، حلقات التماس ، آليات الفراشي ، مدارج انزلاقية ، وملفات الاعضاء الدوارة المقصورة على هيئة قفص السنجاب) ،

ويتم القيام باعادة تعبئة الاعضاء الساكنة والاعضاء الدوارة فى الممكنات الكهربائية ، وباعادة تعبئة القلوب المغناطيسية لمحولات القدرة ، وكذلك تنفذ هنا المعالجة الميكانيكية لمختلف اجزاء المعدات الكهربائية الجارى اصلاحها . ويجب ان يزود قسم الاصلاح الميكانيكى بوسائل الرفع والنقل ، وبممكنات تشغيل المعادن (مقاشط ، مثاقب ، مخارط ، آلات تفريز وتجليخ) وبالمكابس ومقصات الصاج لقص المعادن ، واجهزة اللحام الكهربائى والغازى ، والعدد الكهربائية والنبائط العامة والخاصة .

وفى اقسام اللف والتشريب والتجفيف يجرى اصلاح الملفات المعطوبة وتحضير اخرى جديدة للممكنات الكهربائية ومحولات القدرة ، وكذلك تحضير وشائع المغناطيسات الكهربائية ، ثم تشرب وتجفف ، ويجرى تجديد عزل اسلاك اللف لاستعمالها ثانية . ويجب ان يزود قسم اللف بممكنات لتنظيف وعزل الاسلاك ، وبممكنات لف لتحضير الملفات ، وبمقصات صاج لقص العوازل ، ونبائط لتحضير وتشكيل القطع العازلة ، وادوات لحام لتوصيل اسلاك الملفات ، وممكنات لتربيط الاعضاء الدوارة واعضاء الانتاج فى الممكنات الكهربائية ، وممكنات لتصنيع الاسافين الحشبية وغير ذلك . وبالإضافة الى ذلك ، فان ورشة اللف يجب ان تزود بوحدة تجريب غير كبيرة لاجراء الاختبار والفحص المرحلى لعوازل القطاعات الجارى تحضيرها وعوازل الوشائع والملفات ، وكذلك تزود بأجهزة لمراقبة صحة التجميع والتوصيلات لمختلف مخططات الملفات .

وفى الحالات الضرورية يجهز فى قسم اللف مبنى خاص يوضع فيه فرن لتلدين الاسلاك ، وحوض لتنميشها ومحايدها بعد التنميش ، ومكنة لسحب وتعيير اقطار الاسلاك . ويجب ان يزود هذا المبنى بوسائل ووحدات للاطفاء ووسائل وقاية خاصة .

ويجهز قسم التشريب والتجفيف باحواض لتشريب الملفات ، وبخزائن لتجفيف وشوى الملفات ، وباواعى للحفظ المأمون للكميات اللازمة لمدة لا تزيد عن يوم واحد . وتستخدم وحدات خاصة ووسائل النقل والرفع عند نقل الملفات الثقيلة والكبيرة الحجم .

وفى قسم التجميع الاولى ، ترد الاجزاء بعد تصليحها ، وهناك يجرى تجميع وحدات المعدات الكهربائية وتكميلها بما ينقصها من الاجزاء . وترسل بعدئذ ، الوحدات المجهزة والكاملة بعد فحصها الى قسم التجميع النهائى . ويجب ان يزود قسم التجميع الاولى (التكميل) بالرفوف والطاولات والادوات اللازمة والنبائط .

وفى قسم التجميع يجرى تجميع الوحدات والتجميع العام للمعدات الكهربائية التى تم اصلاحها . ويزود قسم التجميع بشكل مشابه لقسم الفك مع توفر معدات اضافية ونبائط وادوات من اجل التوازن الاستاتى والدينامى للأعضاء الدوارة فى المحركات الكهربائية واعضاء الانتاج فى المكينات الكهربائية .

وعند القيام باصلاح المعدات الكهربائية ، غالبا ما تظهر الحاجة لاعمال اللحام الكهربائى والغازى واعمال الحدادة والكبس والدهان ، التى تنفذ فى اقسام ورشة الاصلاح التى يجب ان تكون مزودة بكل ما يلزم من المواد والادوات .

وفى محطة التجريب يتم اختبار الاجزاء والوحدات والتصاميم الجديدة المخصصة لتبديل الاجزاء والوحدات العاطلة ، وكذلك تجرى اختبارات نهائية كهربائية وميكانيكية بعد انتهاء الاصلاح . ويجب ان تزود محطة التجريب بقواعد ووحدات اختبار كهربائية عالية الفلطية ، ومختلف اجهزة القياس والمراقبة ، ووسائط الوقاية اللازمة .

يجب ان تحتوى ورشة الاصلاح على غرف مساحتها الانتاجية محسوبة على كمية المعدات الكهربائية ووزنها وابعادها ، وعلى مستودعات لتخزين موجودات الاصلاح والمعدات التى تم اصلاحها ، ومستودعات المواد والعدد ، ومكاتب خدمات مساعدة ، وكذلك المباني التى يتحدد عددها وقياسها والغاية منها فى كل حالة معينة حسب التكنولوجيا المعتمدة وظروف تنفيذ اعمال الاصلاح .

وعند تحديد بنية الاقسام الانتاجية والتزود اللارم بالمعدات لورشات

الاصلاح الكهربائي ، هناك تعار اهمية كبيرة للمخططات التكنولوجية للاصلاح ، ولمنظومة القيادة في المنشأة .

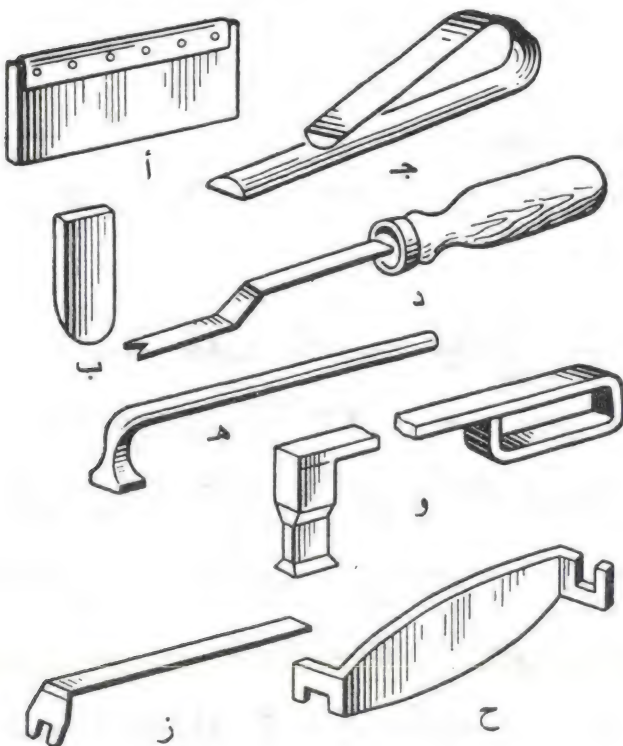
وكمثال على ذلك ، فالشكل ٨١ يبين أكثر المخططات التكنولوجية انتشارا في مجال اصلاح المكنات الكهربائية ومحولات القدرة ، التي تعادل القسم الاعظمى في مجمل حجم المعدات الكهربائية الجارى اصلاحها .

البند ٣٠ - الانواع الاساسية للمعدات الخاصة لاصلاح ملفات المكنات الكهربائية والمحولات

يمكن تقسيم المعدات الخاصة المستخدمة في اصلاح ملفات المكنات الكهربائية والمحولات ، بشكل شرطى الى المجموعات الثلاثة التالية :

- معدات خاصة تستخدم فقط لاصلاح ملفات المكنات الكهربائية ؛
- معدات خاصة تستخدم فقط لاصلاح ملفات محولات القدرة ؛
- معدات خاصة تستخدم لاصلاح ملفات المكنات الكهربائية وملفات محولات القدرة أيضا .

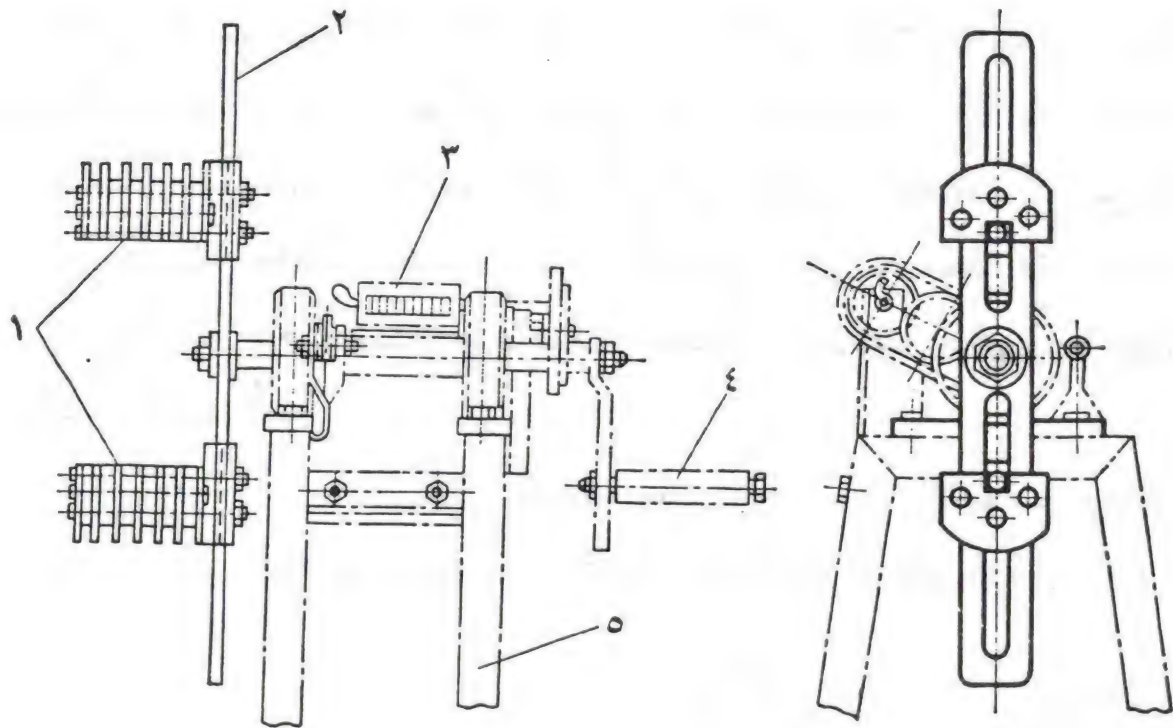
تنتمى بالدرجة الاولى الى المجموعة الاولى من الادوات والمعدات المستخدمة في اصلاح وتحضير ملفات المكنات الكهربائية ، الاطقم



الشكل ٨٢ - طاقم ادوات عامل اللف :
أ - صفيحة من الفيبر ، ب - لسان من الفيبر ، ج - اسفين عكسى ، د - سكين زاوى ، هـ - نازعة ، و - مطرقة صغيرة ز ، ح - مفاتيح لثنى قضبان الاعضاء الدوارة

الخاصة لعدد عامل اللف ، ومكنات لف وعزل الوشائع ، ونبائط ثنى قضبان ملفات الاعضاء الدوارة ، وتصنيع الاسافين وغيرها من المعدات التى سوف ندرس تركيبها ادناه .

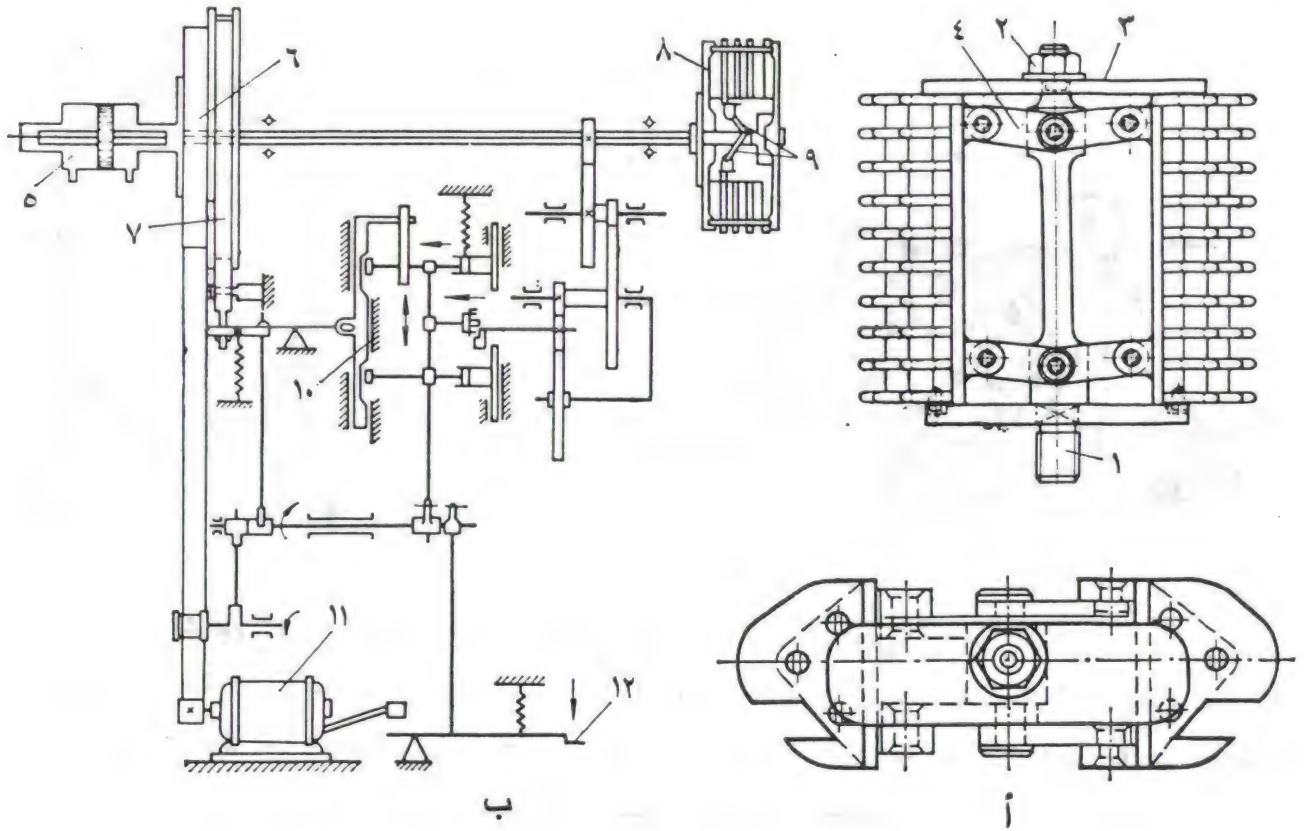
الطاقم الخاص لعدد عامل اللف (الشكل ٨٢) ، يستخدم لانجاز اعمال لف الملفات للاعضاء الساكنة والاعضاء الدوارة واعضاء الانتاج ، وعلى وجه الخصوص لوضع الاسلاك ورصها فى المجارى ، وقص العازل البارز من المجرى ، وثنى القضبان النحاسية لملفات الاعضاء الدوارة وغير ذلك .



الشكل ٨٣ - مكنة لف اليدوى للوشائع :
١ - لقمتا الشابلون ، ٢ - القرص ، ٣ - عداد الدورات ، ٤ - القبضة ، ٥ - الفرش

مكنة لف اليدوى لوشائع الملف الذى يتم ادخاله فى المجارى ، مبينة على الشكل ٨٣ . ومن اجل اللف على هذه المكنة يتم مسبقا ابعاد اللقمتين ١ للشابلون الى مسافة تتحدد بأبعاد الوشاعة ، وتثبيتهما فى مجارى القرص ٢ المركب على العمود . ويثبت احد طرفى سلك اللف على الشابلون ، ومن ثم بواسطة القبضة ٤ يجرى لف العدد المطلوب من الملفات ، التى يسجلها العداد ٣ ، المركب على اطار المكنة والعمود المرتبط معه .

غير أن مكينات اللف الممكنن للملفات تعتبر أفضل منها ذلك لأنها تسمح باسراع عملية لف المجموعة الوشائية .
 مكينة اللف الممكنن ، التي يبين مخططها المبدئي على الشكل ٨٤ ، مزودة بالشابلون المفصلي ٨ ، وكذلك بأجهزة تحريك ميكانيكية او كهربائية



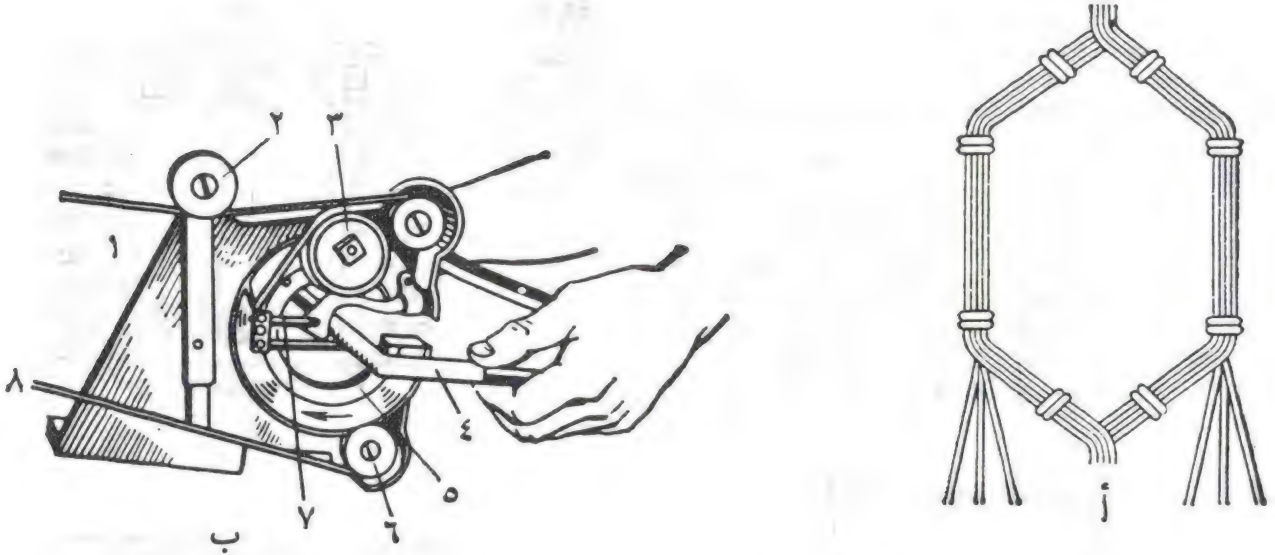
الشكل ٨٤ - مكينة لف الممكنن للمجموعات الوشائية :

أ - شابلون متمفصل ، ب - المخطط الحركي لجهاز التحريك الميكانيكي ؛ ١ - شياق ، ٢ - صامولة الشد ، ٣ - صفيحة التثبيت ، ٤ - صفيحة متمفصلة ، ٥ - اسطوانة بنيوماتية ، ٦ - جهاز نقل الحركة بالسيور ، ٧ - فرملة شريطية ، ٨ - شابلون ، ٩ - آلية متمفصلة للشابلون ، ١٠ - آلية تعشيق الايقاف الاوتوماتي للمكينة ، ١١ - محرك كهربائي ، ١٢ - دواصة تشغيل المكينة

تسمح باللف المتتابع لجميع الوشائع الموجودة في المجموعة الوشائية الواحدة او في الطور كله .

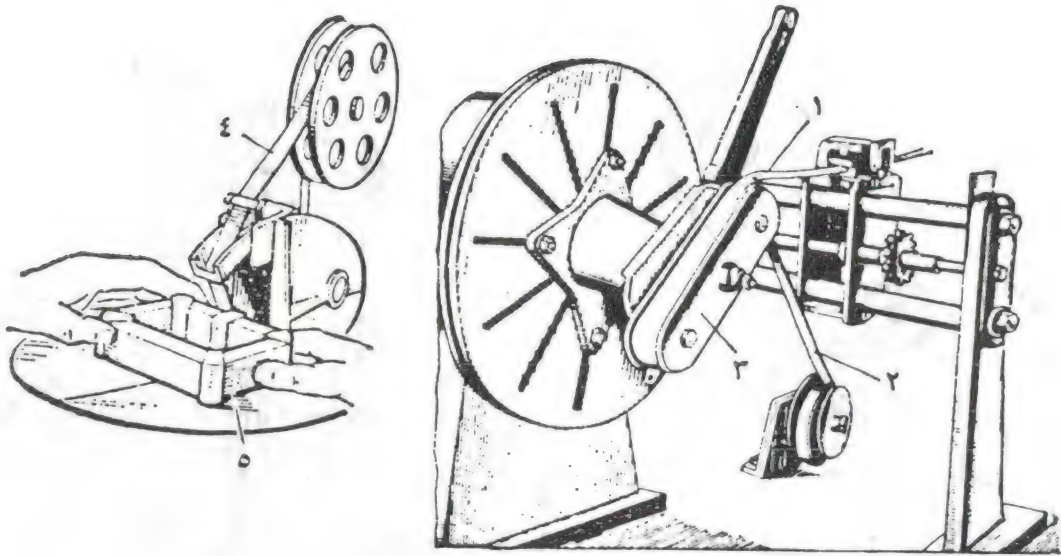
فمن اجل لف المجموعة الوشائية على الشابلون المفصلي المزود بجهاز تحريك ميكانيكي ، يتم ادخال طرف السلك في الشابلون ٨ ثم تشغيل المكينة ، وبعد ان نلف الكمية المطلوبة من الملفات ، تتوقف المكينة اوتوماتيا . ولتزرع المجموعة الوشائية الملفوفة ، فقد تم تزويد المكينة باسطوانة

بنيوماتية ٥ ، تؤثر عن طريق سيخ مار عبر عمود الدوران الاجوف ، على الآلية المفصلية ٩ للشابلون . وعندئذ يتحرك رأس الشابلون نحو المركز ، وتنزع المجموعة المتحررة بسهولة عن الشابلون ، ثم توضع المجموعة الوشائية الجاهزة في المجارى .



الشكل ٨٥ - مكنة لعزل الوشائع في الملف الشابلونى لعضو الانتاج :
 أ - وشيعة جاهزة للعزل ، ب - عزل الوشيعة على المكنة ؛ ١ - شريط العزل ، ٢ - بكرة الشد ، ٣ - بكرة الشريط ، ٤ - مصدم ، ٥ - حلقة ، ٦ - بكرة التوجيه ، ٧ - فرش ، ٨ - جهاز نقل الحركة بالسير الدائرى المقطع

مكنة لعزل وشائع الملف الشابلونى (الشكل ٨٥) ، تتألف من بكرة الشد ٢ ، والبكرة ٣ مع الشريط العازل ١ ، والمسند ٤ ، والحلقة الدوارة ٥ وبكرات التوجيه ٦ المثبتة على الفرش ٧ . وتدار المكنة بواسطة محرك كهربائى قدرته ٠,٦ كيلوواط ، مزود بجهاز نقل حركة بالسيور الدائرية المقطع ٨ . فبعد وضع الوشيعة المراد عزلها في المكنة حتى تصطدم بالمسند ، يتم تشغيل المحرك الكهربائى الذى يدور الحلقة مع البكرة ٣ المثبتة عليها . فتتحرك البكرة حول الوشيعة (حسب مقطعها) وتلف عليها الشريط العازل . وبقصد العزل المنتظم لكامل سطح الوشيعة ، يتم تحريكها ببطء من اليسار نحو اليمين على المسند الثابت ٤ . ثم تشرب الوشيعة المعزولة وتجفف ، وبعد ذلك توضع في مجارى قلب عضو الانتاج ، وتثبت فيها بواسطة أسافين خشبية .



ب

أ

الشكل ٨٦ - مكينات لتصنيع وشائع الاقطاب :

أ - مكينة لف الوشائع من النحاس الشريطي ، ب - مكينة لعزل الوشيعة الملفوفة ؛ ١ - شريط من الاسبتوس ، ٢ - شريط من الميكا ، ٣ - شابلون ، ٤ - شريط من التفتا ، ٥ - وشيعة قطبية

ويبين الشكل ٨٦ مكينات لف وعزل وشائع الأقطاب الرئيسية للمكينات

الكهربائية العاملة بالتيار المستمر . وتنفذ عملية لف وشائع الاقطاب الرئيسية

حسب التسلسل التالي : يعزل يدويا الهيكل او الشابلون على ارتفاعه بعدة

طبقات من المادة العازلة ، مثلا بالميكافول ، ومن ثم تثبت عليه الصفيحة

الخارجية المعزولة بنسيج مشرب باللك ، والملحومة بلحام المونة على بداية

سلك اللف . ثم يوضع الهيكل (الشابلون) على المكينة وتلف الوشيعة ، وعندئذ

نراقب ضرورة توضع السلك بانتظام بدون خلوصات وانتقالات عبر اللفات .

وقبل لف الطبقة الاخيرة من السلك على الهيكل توضع الصفيحة الخارجية

الثانية ، التي يلحم معها الطرف الآخر للوشيعة بالمونة ПОС-40 . ثم تجفف

الوشيعة الملفوفة وتشرب ، ومن ثم تغطى باللك وتجفف بالهواء لمدة ١٠ - ١٢

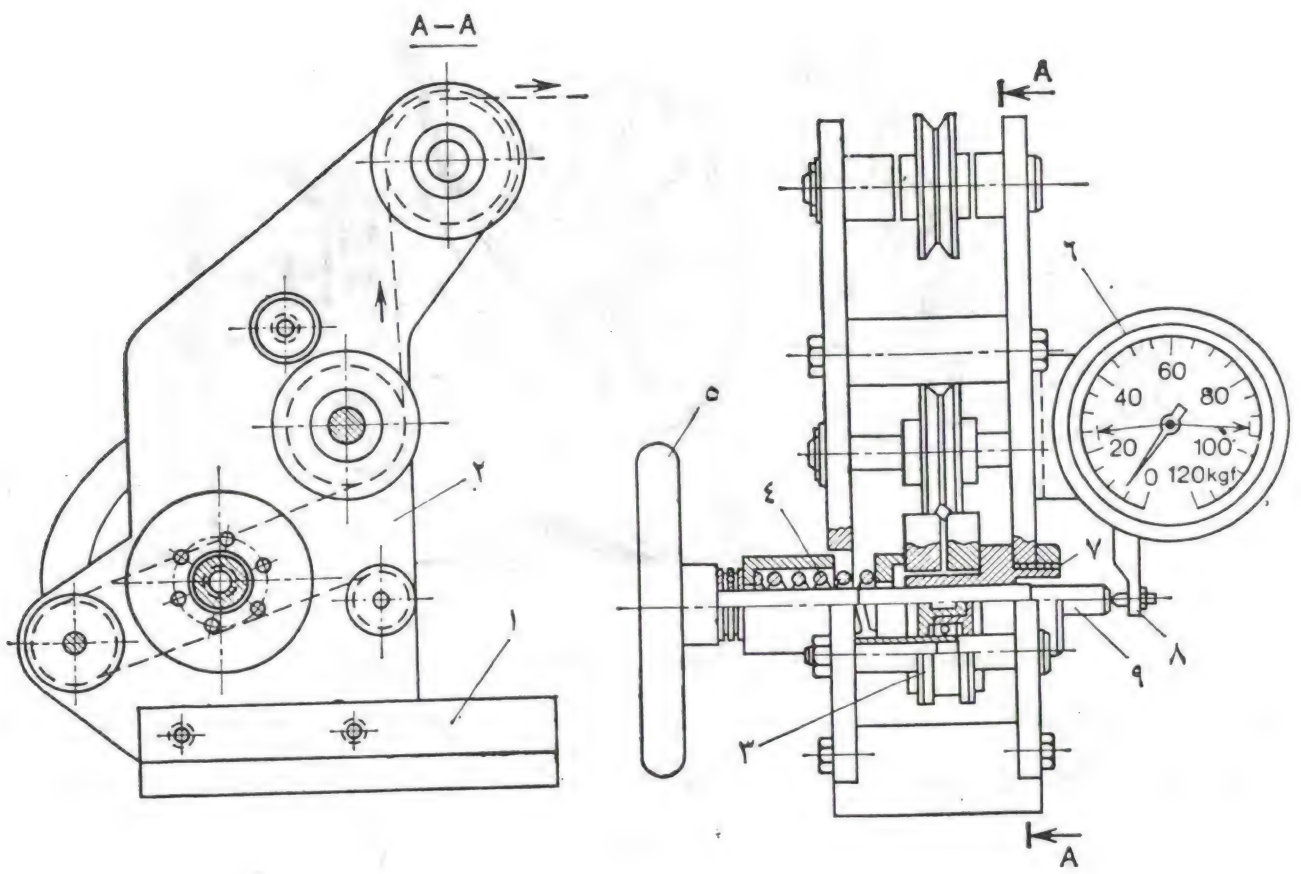
ساعة ، ثم تتركب الوشيعة الجاهزة على القطب وتثبت باسافين خشبية .

تجهيزة لشد سلك التربيط ، وهي تستخدم لتربيط الاعضاء الدوارة

واعضاء الانتاج للمكينات الكهربائية (الشكل ٨٧) وهي من تصميم مصنع

«الكتروسيل» ، وهي تتألف من الاقسام الاساسية التالية : القاعدة ١ ،

والفرش القابل للترك والمؤلف من قطعتين ٢ ، وآلية الشد المؤلفة من دولاب

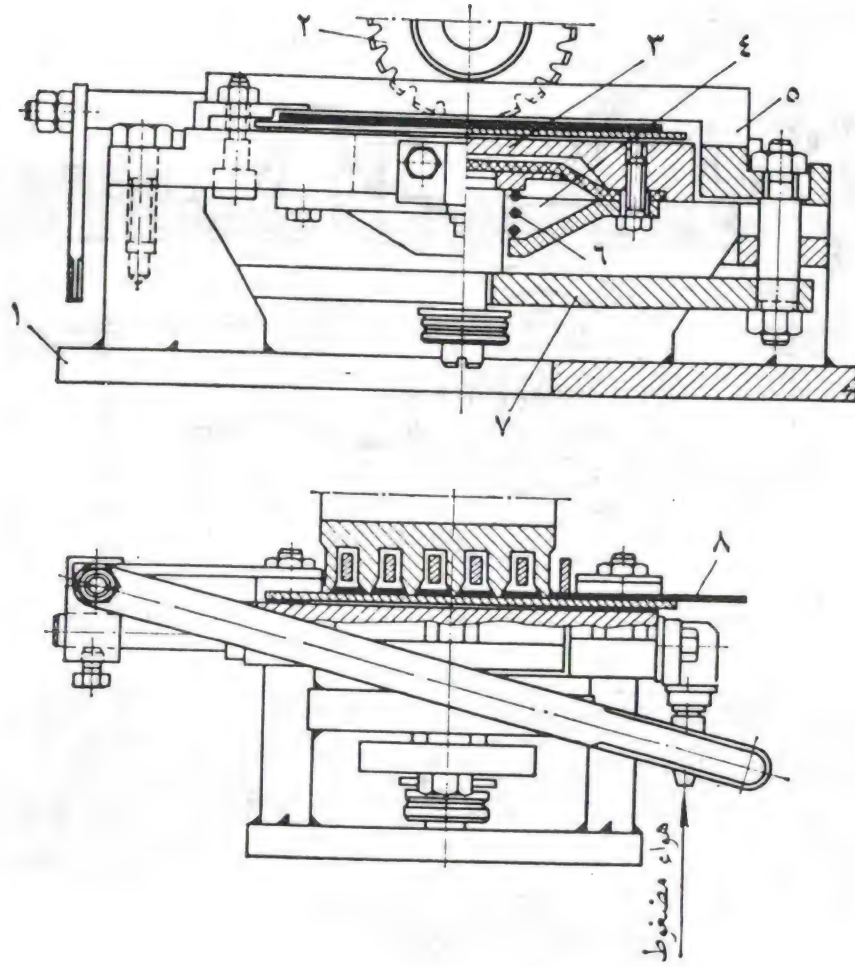


الشكل ٨٧ - تجهيزة لشد سلك التربيظ عند تربيظ الاعضاء الدوارة ، واعضاء الانتاج في المكنت الكهربية :

١ - قاعدة ، ٢ - جانب الفرش القابل للفلك ، ٣ - قرص ، ٤ - نابض ، ٥ - عجلة قيادة ، ٦ - مقياس الجهد ، ٧ - صامولة ، ٨ - ذراع مقياس الجهد ، ٩ - طرف اللولب الدودي

القيادة ٥ المثبت بجساءة بالبرغى ٩ والصامولة الثابتة ٧ ، والنابض ٤ وقرصا الشد ٣ ، حيث يتفرمل السلك بينهما . ويتم ادخال سلك التربيظ عبر منظومة البكرات (انظر الخطوط المتقطعة على الشكل) ، ثم يشد بواسطة دولاب القيادة بين القرصين اللذين لا يدوران ، وانما يتحركان بحرية بالنسبة لبعضهما البعض . ويتعلق شد السلك الذى يولده القرصان بقوة الضغط المؤثرة عليهما من قبل النابض . وبتحريك البرغى يتم التأثير على مصدم الذراع الناقل ٨ لمقياس الجهد ٦ ، الذى يبين سهمه مقدار الجهد الضاغط ، اى شد السلك .

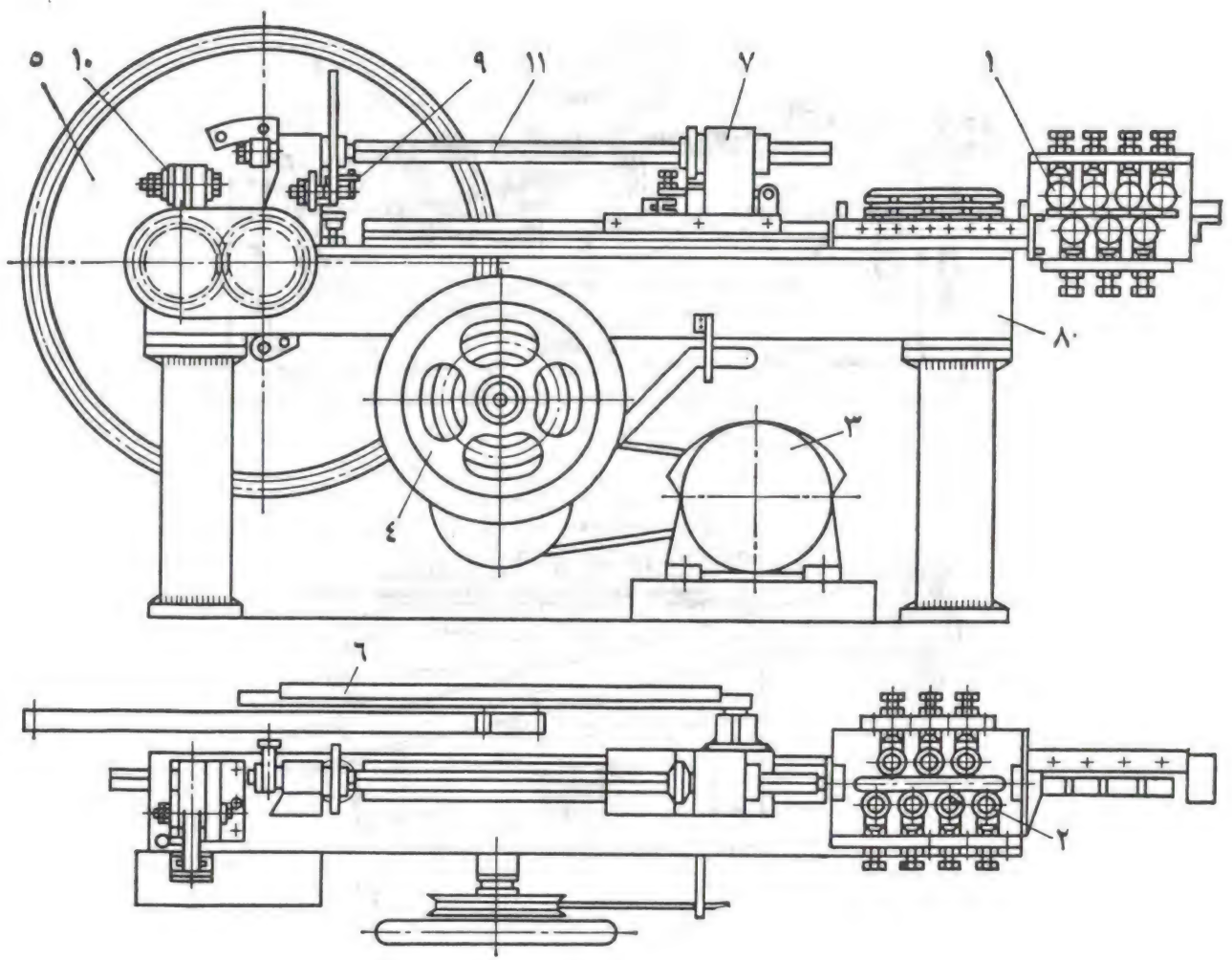
وتستخدم المكنة СПК-5 (الشكل ٨٨) لتحضير الاسافين المصنوعة من الخشب (البلوط والباتولا وغيرهما) او من المواد العازلة (فيبر ، تكستوليت ، جيتيناكس) ذات الابعاد المختلفة ، لاستخدامها في مجارى الاعضاء



الشكل ٨٨ - مكنة لتصنيع اسافين المجارى :

١ - هيكل ، ٢ - سكينه تفريز ، ٣ و ٧ - الصفيحتان (البلاطتان) العلوية والسفلية ، ٤ -
الحجرة الرقية ، ٥ - المشط ، ٦ - نابض الارجاع ، ٨ - الغفل

الساكنة والاعضاء الدوارة واعضاء الانتاج للمكنات الكهربائية . وتعمل هذه المكنة حسب الطريقة التالية : يتم ادخال الغفل ٨ تحت المشط ٥ ، ومن ثم يعطى الهواء المضغوط بتدوير القبضة ، فيؤثر على الحجاب الرقى وعلى مجموعة الاذرع ، فيخفض المشط على الغفل . ثم يقطع الغفل اثناء الحركة الميكانيكية الطولانية لطاولة مكنة التفريز بالنسبة لسكينه التفريز الدوارة ٢ . وخلال كل شوط واحد للطاولة تقص خمسة اسافين تتعلق ابعادها واشكالها بشكل وابعاد الاجزاء القاطعة لسكينه التفريز ، وكذلك تتعلق بارتفاع الطاولة بالنسبة للسكينه . وعند خروج السكينه من مجارى المشط تعود الى وضعها الاولى تحت تأثير النابض ٦ .



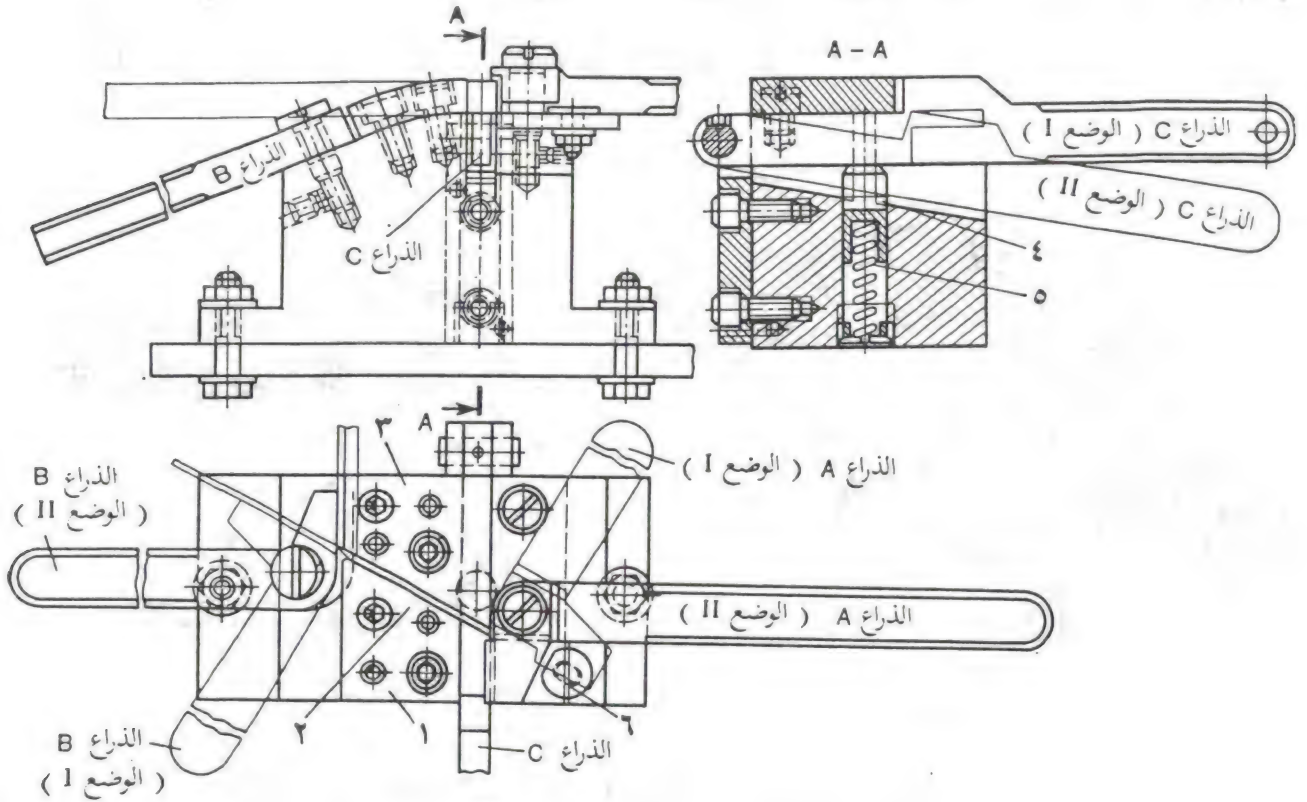
الشكل ٨٩ - مكنة لتصنيع القضبان النحاسية للملفات

المكنة النصف أوتوماتية من انتاج المصنع «دينامو» (الشكل ٨٩) ، تستخدم للقص المنتظم لاغفال القضبان من الاسياخ والشرايط النحاسية الواردة عادة بشكل ملفوف على بكرات .

تركب البكرة على تجهيزة السحب في المكنة ، وتوضع نهاية السيخ او الشريط بين البكرتين ١ و ٢ لتقويم السيخ في المستويين الافقى والرأسى (الشاقولى) . وتدار المكنة من قبل محرك كهربائى ٣ ، يقوم عن طريق مخفض يعمل بالتروس ٤ ، بتدوير العجلة المسننة ٥ . ويمكن تغيير موضع اصبع آلية ذراع التوصيل ٦ ، فى المجرى القطرى للعجلة ٥ ، وذلك تبعا للطول اللازم للقضيب المقصود فى حدود تتراوح من ٣٠٠ حتى ٨٠٠ مم . عند عمل المكنة يتم القبض على طرف السيخ بواسطة الممسك الذى يثبت على المزلاق ٧ ، المتحرك على موجهات الفرش ٨ . وفى نهاية شوط المزلاق يتحرر السيخ ويكمش بالشفتين ٩ ، الواقعتين بالقرب من السكينة

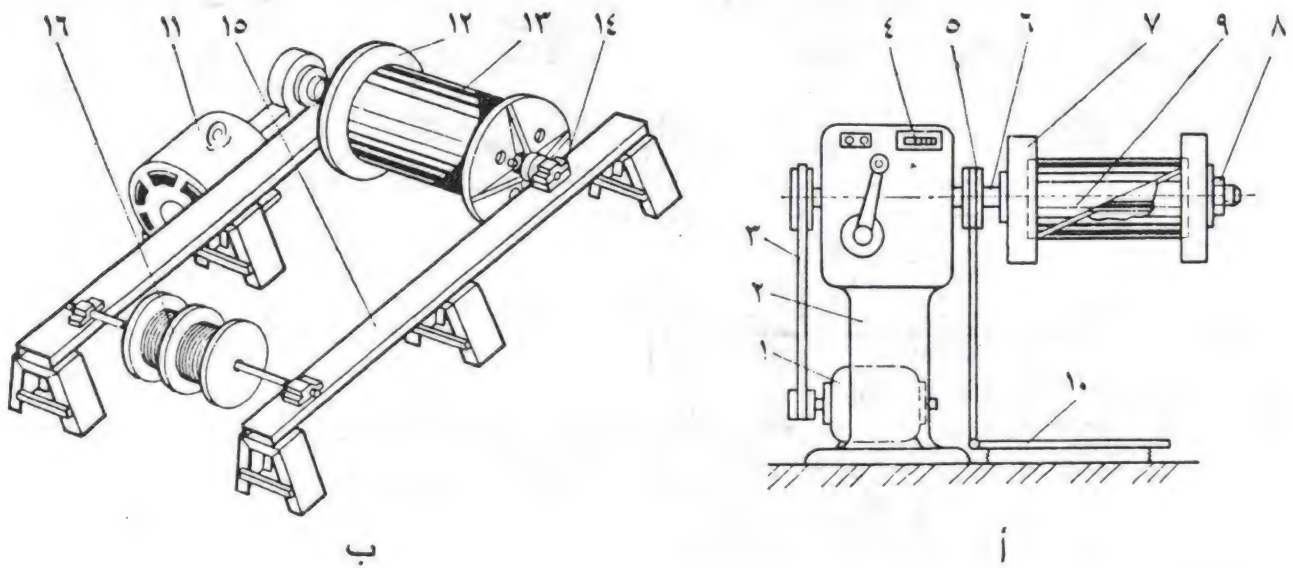
١٠ ، التي تقطع القضيب النحاسي حسب الطول المطلوب . وتدار شفتنا
الممسك ٩ بتحريك الساعد ١١ .

تعمل هذه المكنة بشكل نصف اوتوماتي . ويقوم العمل بادخال طرف
السيخ في مشد المزلاق ، ويحدد وضع اصبع آلية ذراع التوصيل تبعا لطول
القضبان المراد قصها ، ويبدأ بتشغيل المكنة . وتنفذ باقى العمليات بشكل
اوتوماتي ، حتى تستهلك بكرة النحاس بكاملها .



نبيطة لثنى القضبان (الشكل ٩٠) . هي عبارة عن تجهيزة بسيطة
التصميم ، مؤلفة من بلاطتين ومجموعة من الاذرع . وينفذ ثنى القضبان
فى هذه النبيطة حسب التسلسل التالى : يوضع القضيب فى الشق ٢ ، الذى
يتشكل بين البلاطتين ١ و ٣ ، حتى يصل للمصدم ٦ ، ومن ثم يثنى طرف
هذا القضيب بالزاوية المعطاة ، وذلك بتدوير الذراع A من الوضع I الى
الوضع II . ومن ثم يثنى القضيب بالزاوية الثانية بواسطة تدوير الذراع B
من الوضع I الى الوضع II ، ويعاد الذراعان A و B الى وضعهما الاولى ،

وينزع القضيب المثني من النسيطة . اما عودة الذراع B الى وضعه الاصلى فتجرى بواسطة الدافع ٤ الذى يعمل تحت تأثير النابض ٥ .
وتتنمى الى المجموعة الثانية للمعدات المستخدمة عند اصلاح وتحضير ملفات المحولات ، مكينات لف الملفات الاسطوانية ، ومكينات تحضير العوازل للمحولات ، ووضع التغطية العازلة على الصفائح الفولاذية للموصل المغناطيسى ، وغيرها من المعدات التى سندرس تركيبها ادناه .
يتم انجاز عملية لف الملفات الاسطوانية لمحولات القدرة من الابعاد III-I على مكينات اللف الكابولية والقنطرية .



الشكل ٩١ - مكينات لف الملفات لمحولات القدرة :

- أ - مكينة كابولية مزودة بشابلون خشبي قابل للفك ، ب - مكينة قنطرية مزودة بشابلون فولاذي قابل للفك ؛ ١ - محرك كهربائي ، ٢ - فرش ، ٣ - جهاز نقل الحركة بالسير ، ٤ - عداد ، ٥ - قارئة وصل ، ٦ - عمود الدوران ، ٧ - قرص من التكتوليت ، ٨ - صامولة ، ٩ - اسافين الشابلون ، ١٠ - دواسة ، ١١ - محرك كهربائي مع مخفض ، ١٢ - قرص فولاذي ، ١٣ - شابلون قابل للفك ، ١٤ - مدرجة خشبية قابلة للفك ، ١٥ - تصميم استنادي ، ١٦ - طنبور سلك اللف

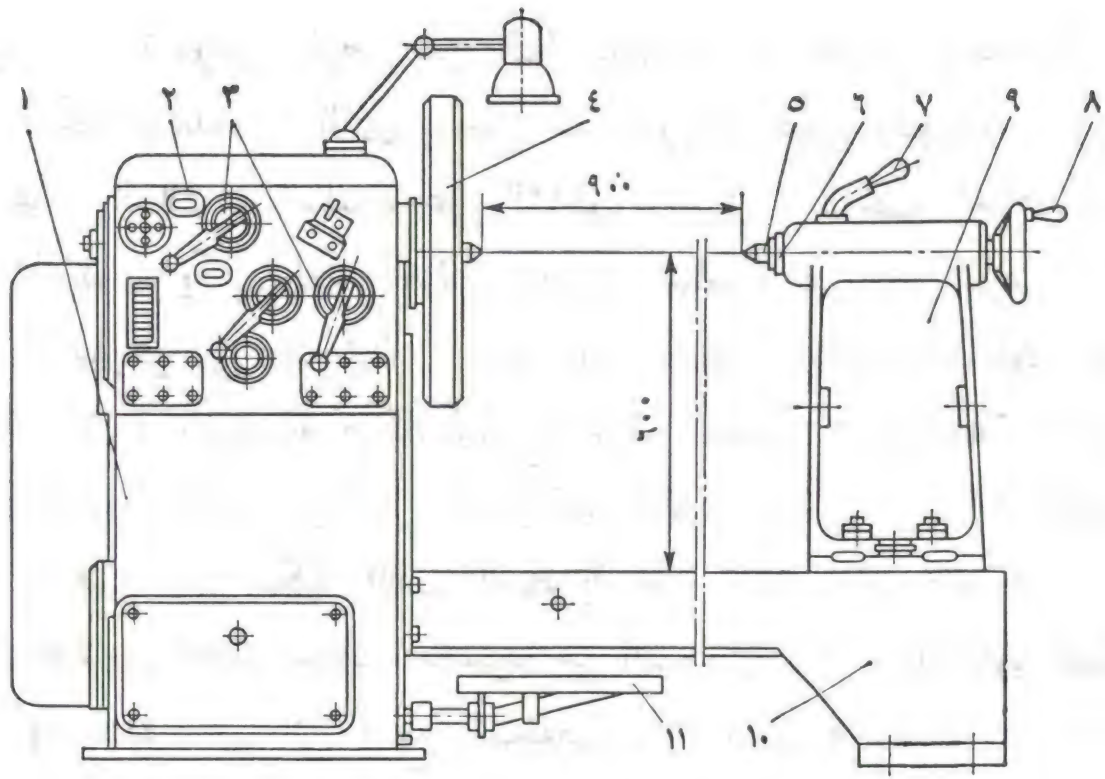
مكينة اللف الكابولية (الشكل ٩١ ، أ) مخصصة للف الملفات الاسطوانية للمحولات التى تصل قدرتها (استطاعتها) الى ٦٣٠ كيلو فولط أمبير . وفيها يركب المحرك الكهربائي ١ ضمن الفرش ٢ لمكينة اللف ، اما الشابلون المثبت على عمود الدوران فى المكينة ، فهو عبارة عن اسفينين خشبيين ٩

متلاقين ، مضغوطين بقرص من التكستوليت ٧ ، ومثبتين بالصامولة ٨ .
وتزود المكنة بالعداد ٤ الذى يسجل عدد دورات عمود الدوران ، وبالتالي
عدد لفات السلك ، الملفوفة على الشابلون . وينزع الملف الجاهز بسهولة
عن الشابلون : يكفى لهذا الغرض تحرير الصامولة ، ونزع القرص الايمن
وابعاد الاسفينين فى الشابلون . ويتم بدء تشغيل وايقاف الشابلون بواسطة
الدواسة ١٠ ، الموصولة ميكانيكيا مع قارنة التعشيق ٥ (بواسطة السيخ) .
اما لف الملفات من اجل المحولات الاقوى (اعلى من ٦٣٠ كيلو فولط
أمبير) ، فيتم على مكنة اللف القنطرية طراز KHC-200 (الشكل ٩١ ،
ب) المؤلفة من قاعدة استنادية مصنوعة من المجارى ١٥ ، والشابلون الفولاذى
١٣ ، والمحرك الكهربائى ١ مع المخفض . والشابلون هو عبارة عن اسطوانة
محززة مصنوعة من الفولاذ الصفيحى بسماكة ٢ - ٣ مم ، وتوضع فى شق
الاسطوانة صفيحة خشبية ثم تثبت هناك . وبعد ازالة هذه الصفيحة عند
الانتهاء من عملية اللف ، من السهل نزع الملف الجاهز عن الشابلون .
وتوجد عدة شقوق قطرية فى الاقراص الفولاذية ، لها شكل بيضوى ، تبعد
مسافات متساوية عن بعضها البعض . وتوضع فى هذه الشقوق حديدات تصلح
لتثبيت الشابلونات عليها ، وتوجد فى الاقراص ايضا حفرات لتثبيت تساميك
تحديد المسافة عليها . وان بنية الاقراص (وجود الحفرات وامكانية تثبيت
الحديدات فيها) تسمح باللف على هذه المكنة لملفات مختلفة الاقطار ،
وذلك بتركيب الشابلونات المناسبة على الاقراص .

اما لف الملفات الحلزونية للمحولات من القياس I — III ، فيفضل
القيام به على احدى مكينات اللف من السلسلة TT .

مكنة اللف TT-21 (الشكل ٩٢) تتألف من الغراب الامامى ١ المزود
بقبضات التحويل ٣ ، والصينية الدوارة ٤ ، والغراب الخلفى ٩ المركب على
الفرش ١٠ ، وجهاز التحريك والدواسة ١١ لبدء تشغيل المكنة .

وعند تشغيل المكنة تنتقل الحركة الدورانية من المحرك الكهربائى الى
الصينية الدوارة ٤ عن طريق جهاز نقل الحركة بالسير الاسفينى ، ومجموعة
من العجلات المسننة لعلبة السرعات . ويتم تغيير عدد دورات عمود الدوران



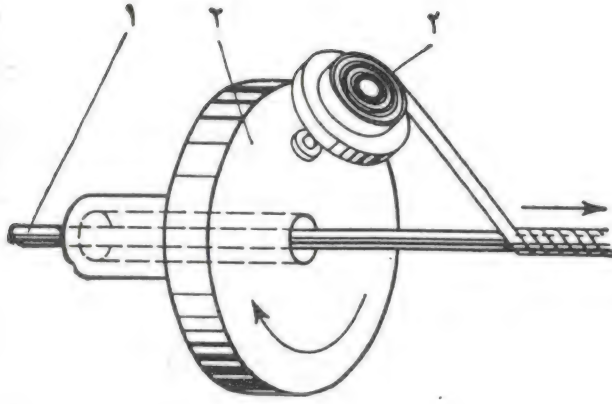
الشكل ٩٢ - مكنة اللف طراز TT-21:

١ - الغراب الامامى ، ٢ - فتحة المراقبة ، ٣ - قبضات تحويل عدد الدورات ، ٤ - صينية
دوارة ، ٥ - مركز دوار ، ٦ - ذنب ، ٧ - قبضة تثبيت الذنب ، ٨ - دولاب تحريك
الذنب ، ٩ - الغراب الخلفى ، ١٠ - الفرش (البلاطة) ، ١١ - فاصل بشكل دواصة

بواسطة القبضات ٣ ، حيث تقوم احداها فى الوضع المحايد بالسماح بتدوير
الصينية الدوارة للزاوية المطلوبة . ويتحدد وضع الغراب الخلفى ٩ على الفرش
١٠ ، ويتألف الغراب من الجسم والذنب ٦ التى يوضع فى داخلها المركز
الدوار ٥ ، ومن الدولاب ٨ المخصص لتحريك الذنب ، ومن القبضة ٧
المخصصة لتثبيت الذنب . وتوجد على الفرش مجار بشكل T لتحريك
الغراب الخلفى وتثبيته عليها . ويعادل قطر الصينية الدوارة ٦٢٠ مم ، وعدد
الدورات من ١٦ الى ١٦٠ دورة / دقيقة ، والقطر الاعظمى للملف يصل حتى
١٠٠٠ مم .

وتتنمى الى المجموعة الثالثة للمعدات (عدد ، نبائط ، تجهيزات ،
مكنات) المستخدمة لتحضير الملفات ، التجهيزات الخاصة بوضع العازل
المستمر على اسلاك اللف ، التى تدخل ضمن مكنات العزل والصفير ، ومكنات
الصفير والطلاء باللك ، ومكنات تنظيف الاسلاك القديمة وتحضير العوازل ،

ونبائط من اجل لحام الاسلاك بالمونة، وكذلك مختلف التجهيزات الاخرى التى سيرد شرحها المختصر ادناه .



تجهيزة لمكنة عملية وضع العازل المستمر على سلك اللف ،

الشكل ٩٣ - لفاف ميكانيكى :
١ - سلك اللف ، ٢ - قرص ، ٣ - بكرة الشريط العازل

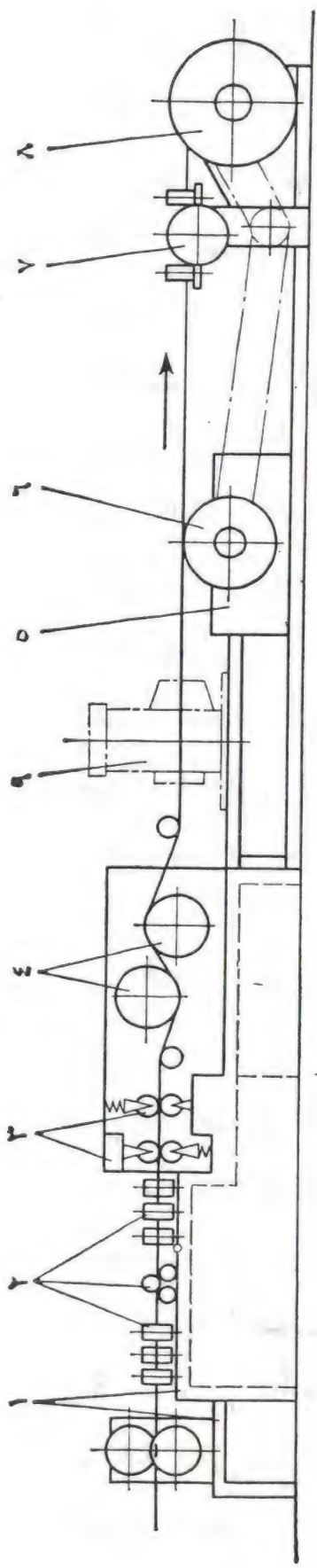
تستخدم فى انواع عديدة من مكينات اللف والصففر، المخصصة لتنفيذ اعمال العزل للملفات

والهياكل . ويعتبر ما يسمى باللفاف الميكانيكى (الشكل ٩٣) احد أكثر انواع هذه التجهيزات انتشارا ، حيث يمرر سلك اللف ١ الواجب عزله بعازل مستمر ، فى ثقب القرص ٢ وتركب على اصابع القرص طنابير توضع عليها بكرة او بكرتان من الشريط العازل ٣ بميل غير كبير . فعند دوران القرص يلتف الشريط من البكرة على السلك ، وتتوافق سرعة حركة السلك وسرعة دوران القرص بحيث انه خلال دورة واحدة للقرص يتقدم السلك بمقدار نصف عرض الشريط العازل . وهكذا ، يتوضع الشريط المستمر على السلك بالتراكب ، بحيث ان العازل يكون بطبقة واحدة عند استخدام بكرة واحدة ، وبطبقتين عند استخدام بكرتين . ولاحداث الشد اللازم للشريط تفرمل الطنابير مع البكرات قليلا .

مكينات الصففر ، تستخدم لاستعادة عازل اسلاك اللف المأخوذة من الملف المعطوب ، وذلك بهدف استخدامها من جديد .

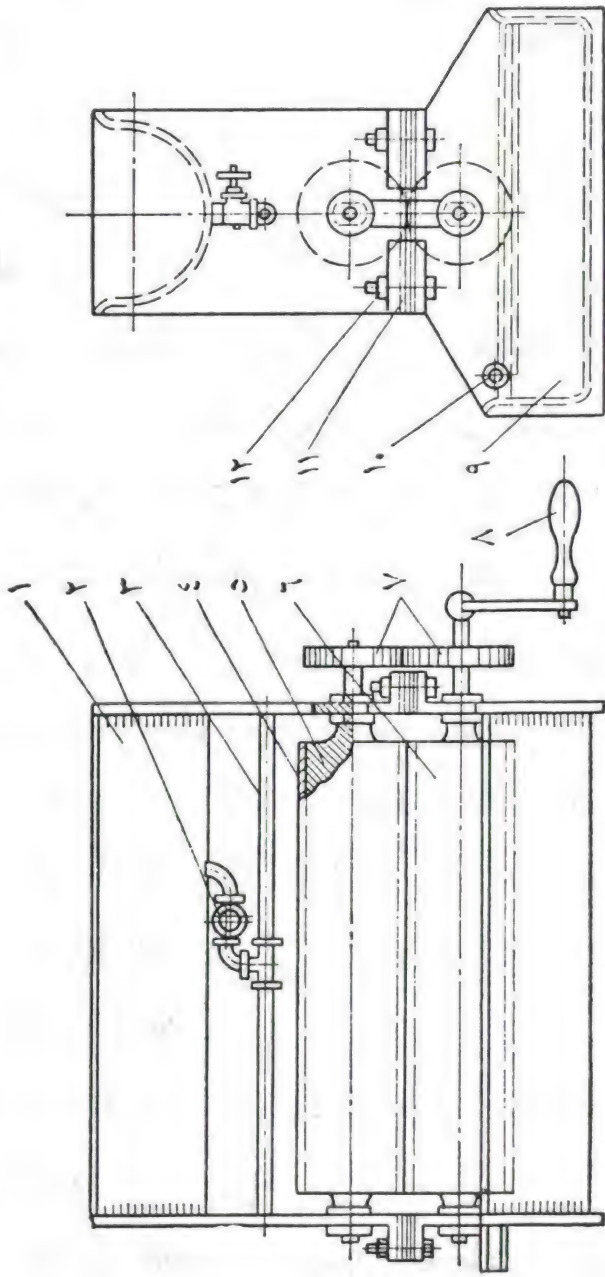
مكنة تنظيف الاسلاك من العازل القديم ، يبين مخططها على الشكل

٩٤ ، وهى تتألف من الفرش ١ ، الذى تركيب عليه تجهيزة التقويم ٢ ووحدة قص العازل ٣ ، ووحدة تنظيف العازل ٤ ، وجهاز التحريك ٥ مع طنبور الشد ٦ لتجهيزة الاستقبال ٨ المزودة بجهاز ترتيب ميكانيكى ٧ . ولسحب السلك يركب على المكنة ماسك السلك ٩ ، الذى يغير قطر السلك ، أما الصينية الدوارة المخروطية فتركب على الطنبور ٦ لجهاز التحريك .



الشكل ٩٤ - مكنة لتنظيف الاسلاك وسحبها :

- ١ - فرش ، ٢ - تجهيز تقويم السلك ، ٣ - وحدة قص العازل ، ٤ - وحدة تنظيف العازل ، ٥ - جهاز تحريك ، ٦ - طنبور السحب ، ٧ - أداة ترتيب السلك مع التحريك التدريجي للعربة ، ٨ - تجهيز الاستقبال ، ٩ - حامل أداة تغيير قطر السلك



الشكل ٩٥ - مكنة الدهان بالك : :

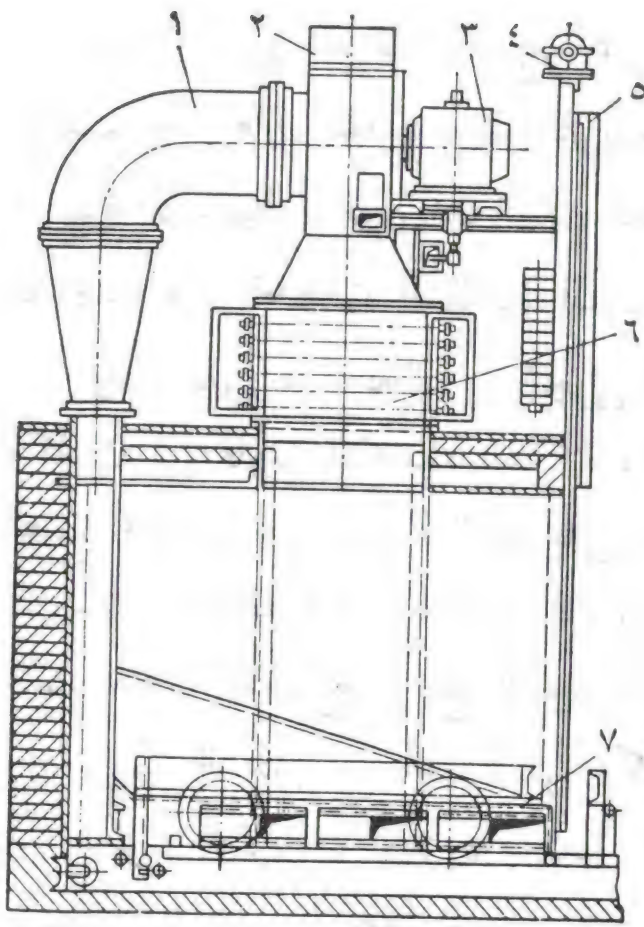
- ١ - خزان علوى ، ٢ - خنفيه الاغلاق ، ٣ - انبوبة مثقبة ، ٤ - غطاء مطاطى ، ٥ و ٦ - العمودان العلوى والسفلى ، ٧ - ترسان ، ٨ - قبضة ، ٩ - الحوض السفلى ، ١٠ - وصلة انبوية ، ١١ - طاقم من التسميك ، ١٢ - لولب التحديد

وعند مرور السلك بالتتابع عبر جميع وحدات وتجهيزات المكنة ،
ينظف من العازل القديم ويتم تقويمه ، ويعبر قطره ثم يلف على طنبور
تجهيزة الاستقبال . ثم يلدن السلك المنظف من العازل بقصد نزع الاجهادات
الداخلية من الطبقات السطحية المجهدة لمعدن السلك .

وعند ظهور الحاجة للتبديل الجزئي للصفائح المعطوبة للموصل المغناطيسى ،
وكذلك فى قلوب الاعضاء الساكنة والاعضاء الدوارة ، فان القطع المشابهة
تصنع مجددا من الفولاذ الكهربائى وتدهن بطبقة من اللك العازل . وفى
المنشآت المتخصصة باصلاح المعدات الكهربائية تستخدم مكناات وضع
اللك لدهان الصفائح ، مع الشوى اللاحق لطبقة اللك فى افران خاصة .

ويبين الشكل ٩٥ أحد أكثر مكناات وضع اللك انتشارا ، وهى تتألف
من الخزان العلوى ١ المزود بحنفية ٢ ، ومن العمودين ٥ و ٦ المزودين
بالترسين ٧ على طرفيهما ، ومن الحوض ٩ . ويتصل الخزان العلوى مع
الانبوبة ٣ ، المزودة على طولها الكامل بثقوب دقيقة تصلح لتأمين التغذية
المنتظمة لللك على سطح الجذع العلوى ٥ . وينضغط العمود العلوى ٥ على
العمود السفلى ٦ بواسطة لوالب التركيب ١٢ ، التى يوضع بينها طاقم من
التساميك ١١ من المطاط الصفيحي ، ويشد حول الاعمدة مطاط صفيحي
سماكته ٥ - ٧ مم . ويقع العمود السفلى فى حوض توجد فيه الوصلة
الانبوبية ١٠ ، لسحب اللك الفائض من الحوض عن طريق الانبوبة التى
يلبس أحد طرفيها على الوصلة الانبوبية ، ويوضع الطرف الآخر فى سطل
او علبة تنك . وتدار مكنة الدهان باللك بواسطة القبضة ٨ ، التى يقوم بتدويرها
العامل يدويا ، او بواسطة محرك كهربائى قدرته ٠,٨ كيلوواط مزود بمخفض
يتمتع بنسبة النقل اللازمة . ويجب ان يدور العمودان ٥ و ٦ بعدد من الدورات
يتراوح بين ٢٢ و ٢٤ دورة / دقيقة .

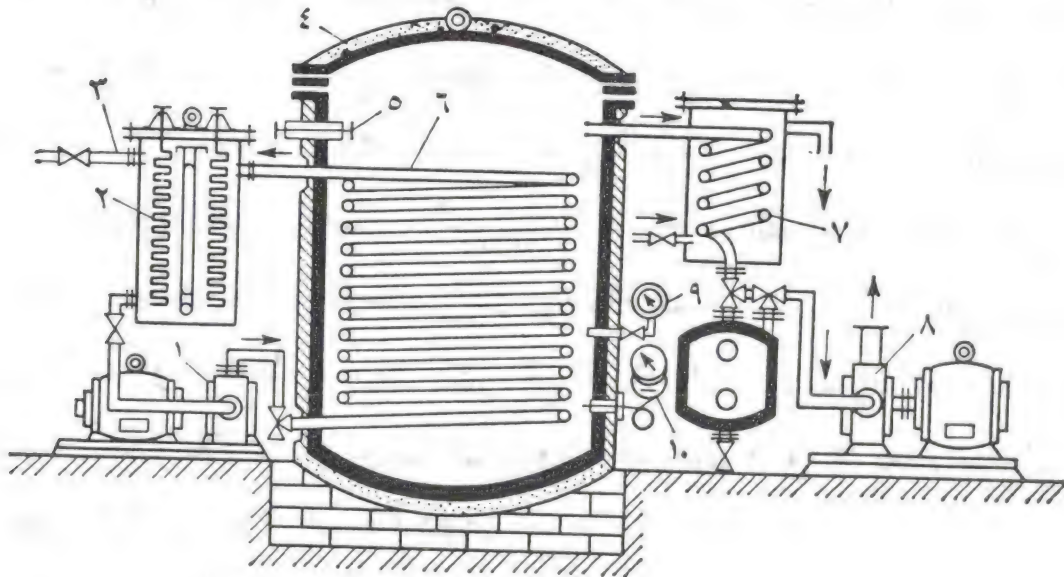
وفى منشآت الاصلاح المتخصصة ، توصل مكنة الدهان باللك مع فرن
التسخين ، وبذلك تتشكل وحدة متواصلة العمل كالحزام الدائر ، يتم
بواسطتها دهن الصفائح الفولاذية باللك مع الشى اللاحق .



الشكل ٩٦ - فرن السخانة لتجفيف الملفات :
 ١ - وصلة انبوية شافطة ، ٢ - مروحة ،
 ٣ - محرك كهربائي ، ٤ - آلية رفع
 الصفيحة الحاجزة ، ٥ - صفيحة حاجزة ،
 ٦ - سخانة ، ٧ - عربة

يعتبر تجفيف وشى ملفات
 الممكنات الكهربائية ومحولات القدرة
 احد اهم العمليات التكنولوجية
 لتحضير الملفات. ويتم التجفيف
 بقصد ازالة الرطوبة من العازل
 الصلب للملفات ، لتأمين اقصى
 ما يمكن من المتانة الكهربائية
 للعازل . ويجرى شى الملفات

كى تكتسب صمودا أشد ضد التأثيرات الميكانيكية .
 وفى منشآت الاصلاح المتخصصة ، يتم التجفيف للملفات فى
 السخانات (الشكل ٩٦) او الافران الاخلائية (الشكل ٩٧) . ويعتبر التجفيف



الشكل ٩٧ - فرن اخلائي لتجفيف الملفات :
 ١ - مضخة التدوير ، ٢ - مرجل الماء ، ٣ - انبوبة التغذية ، ٤ - غطاء للخزان قابل للفك ،
 ٥ - عازل مار لفحص مقاومة عوازل الملف ، ٦ - انبوب حلزوني ، ٧ - مبرد مائى ، ٨ -
 مضخة اخلاء ، ٩ - مقياس الخلاء ، ١٠ - مقياس الحرارة

فى الافران الاخلائية أكثر فعالية ، حيث يشترط انتقال الرطوبة من سطح المواد العازلة الى الوسط المحيط ، بوجود فرق فى ضغط البخار مباشرة على سطح المادة وفى الجو المحيط : فكلما كان ضغط البخار فى الجو المحيط اخفض ، كلما كانت ازالة الرطوبة من سطح المادة تجرى بشدة .

وتستخدم فى التطبيق العملى لاصلاح ملفات المكثات الكهربائية والمحولات ، كذلك انواع اخرى من مختلف النبائط والعدد والتجهيزات التى سيجرى الحديث عنها فى الابواب السابع والثامن والتاسع والعاشر .

اسئلة للمراجعة

- ١- تحدث عن النظام المتبع لاصلاح المعدات الكهربائية .
- ٢- ما هى الادوات التى يتألف منها طاقم العدد الخاصة التى يستخدمها عامل اللف الكهربائى عند اصلاح المكثات الكهربائية ؟
- ٣- ما هى مكثات اللف التى تعرفها ، وتركيبها ؟
- ٤- لماذا تلدن اسلاك اللف بعد تعيين قطرها ؟

الباب السابع

تكنولوجيا اعمال التحضير والعزل

البند ٣١- تعليم وقص الاغفال من المواد العازلة الصفيحية

يصنع العديد من القطع العازلة للمحولات والمكثات الكهربائية من الكرتون الصامد ضد الزيت والعازل كهربائيا ، اى ما يسمى بالكرتون الكهربائى . ويحتوى الكرتون الكهربائى فى ظروف التخزين العادية على ٨ - ١٠٪ من الرطوبة ، فاذا ازيلت هذه الرطوبة تتناقص الابعاد الخطية للوح بالطول تقريبا ٥٪ ، وبالعرض حتى ١,٥٪ . وعند تصنيع القطع العازلة ذات الشكل المستطيل من الواح الكرتون الكهربائى ، يجرى تعليمها بحيث تنطبق الابعاد الاكبر مع طول اللوح . ويصنف الكرتون الكهربائى المستخدم لتصنيع التساميك وعوازل المجارى للملفات ، حسب السماكة بحيث تكون الانحرافات بالسماكة اقل ما يمكن .

ويجب ان يكون تفصيل وقص المواد العازلة عقلانيا واقتصاديا ، فعند التفصيل العقلاني والصحيح للمواد (وهذا يثبت على خرائط التفصيل) ، وكذلك عند التنظيم المناسب للانتاج ، نحصل على فضلات غير كبيرة . ويعتبر معامل الاستفادة من اللوح دليلا على تحديد الاقتصادية لعملية التفصيل : $k_{sh} = NS_p / (BL)$ حيث N - عدد الاجزاء الحاصلة من اللوح ؛ S_p - مساحة الجزء الواحد ؛ B و L - عرض اللوح وطوله .

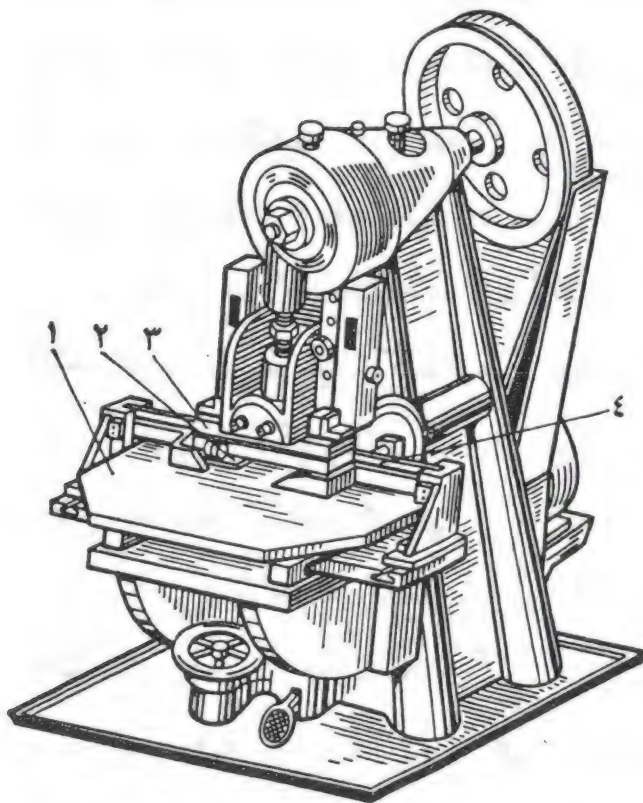
يتم انتاج معظم الاجزاء المصنوعة من الكرتون الكهربائي ، بالجملة ، وتفصل عادة كل الواح الدفعة الواحدة من الاجزاء ، بحيث نحصل عندئذ على اقل الفضلات . ويجب عند القيام بالتفصيل ، تحديد الابعاد العقلانية للاغفال ، مع مراعاة امكانية استخدام الفضلات لتصنيع اجزاء اخرى ابعادها اصغر . ويجب السعي للتفصيل بدون فضلات ، غير انه يجب ان لا ننسى عندئذ القيمة المختلفة لانكماش الكرتون الكهربائي بطول اللوح وعرضه ، وكذلك يجب ان نأخذ بعين الاعتبار المتانة الميكانيكية للمادة ، وهي تتعلق باتجاه الالياف .

وتعتبر عملية قص الكرتون الكهربائي الى شرائط وقص الشرائط الى اغفال منفصلة للاجزاء ، احدى اولى العمليات التكنولوجية لتحضير العوازل . ومن ثم يجرى تعليم وقص الاغفال الى الاجزاء العازلة ، عادة في اقسام التحضير ، حيث ترد هذه الاجزاء بشكل مضبوب الى قسم لف الملفات ، او لوضعها في مجارى القلوب .

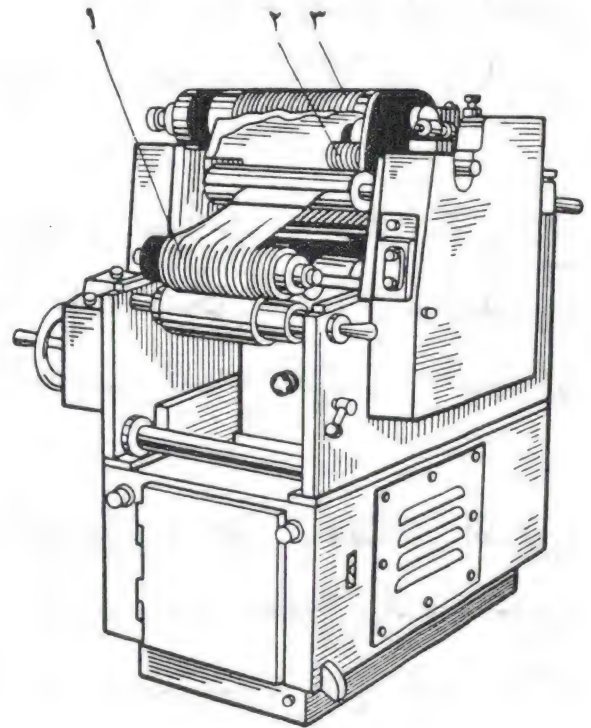
وان تفصيل المواد العازلة في الاقسام المتخصصة يضمن ما يلي : انتاجية مرتفعة للعمل ، نتيجة لقص التساميك بكميات كبيرة وحسب تكنولوجيا معينة ؛ ودقة للابعاد ، وخاصة للتساميك في المجارى حيث تكون ابعادها محدودة بعرض المجرى ؛ ونظافة الحواف وعدم وجود الروايش والتطعيجات . وترد عادة المواد العازلة المستخدمة عند تصنيع الملفات وعزل المجارى ، على هيئة لفائف والواح . وتقص الالواح العازلة الى اغفال حسب الابعاد المطلوبة بواسطة مقصات يدوية او ممكنة ، اما لللفائف فتقص غالبا الى شرائط بواسطة مقصات دائرية او بمكنات خاصة .

وتستخدم المقصات اليدوية الذراعية بشكل واسع عند قص العوازل ، خاصة في ورشات الاصلاح الكهربائي ، وذلك لبساطتها وشمولية اغراضها ، وتتألف هذه المقصات من طاولة وسكينتين احدهما ثابتة والاخرى متحركة . وتثبت السكينة الثابتة على الطاولة ، اما السكينة المتحركة فتثبت على ذراع المقص . ويثبت الذراع مع الطاولة بعمود محوري يدور الذراع حوله بزاوية معينة ، ويوجد على الذراع من احد طرفيه ثقل موازن لتسهيل تدويره ، وعلى طرفه الآخر توجد قبضة يدوية ، يتم بواسطتها رفع وتنزيل الذراع مع السكينة المتحركة . ويوجد على الطاولة مصدم يمكن تحريكه لوضع الالواح المراد قصها على عرض معين . غير ان العمل على المقصات اليدوية مضمّن وانتاجيته قليلة ، لذا ففي ورشات الاصلاح الكبيرة غالبا ما تجرى مكنتة هذه المقصات ، وذلك بتزويدها بآلية التوصيل والتدوير ، يتحرك بواسطتها ذراع المقص حركة ترددية بمساعدة محرك كهربائي .

ويبين الشكل ٩٨ المكنة OM-1 من تصميم معهد الابحاث العلمية للمكنات الكهربائية ، المخصصة لقص المواد العازلة من اللقائق مثل الغشاء



الشكل ٩٩ - قالب قص على مكبس لامركزي



الشكل ٩٨ - المكنة OM-1 لقص المواد

العازلة الشريطية .

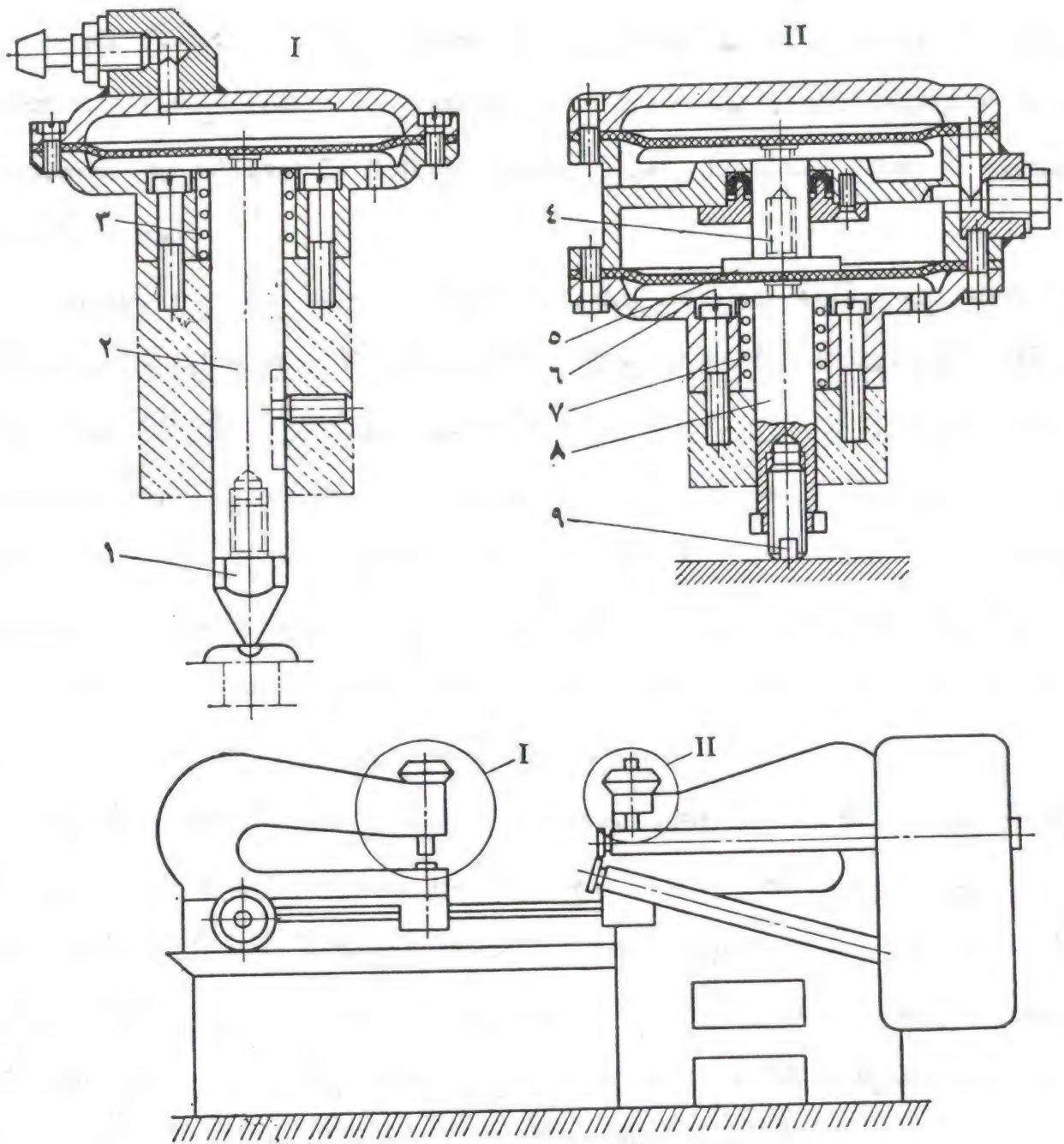
المصنوع من الاتيلين تيريفتالات ، ومن الكرتون وغيره ، حيث تثبت اللفيفة من المادة العازلة ذات العرض ١٠٠ - ٢٥٠ مم ، على عمود الفرملة بين مخروطين (عمود الفرملة يقع فى الجانب الخلفى للمكنة) . وتمرر المادة العازلة من عمود الفرملة عبر العمود العلوى المرفوع قليلا ، والمزود بمجموعة من السكاكين . وعند تنزيل مجموعة السكاكين العلوية يبدأ عمل المكنة وقص المواد العازلة .

وتكون السكاكين التى تقص بها المواد العازلة عبارة عن مجموعة اقراص مثبتة على العمودين : السفلى ٢ والعلوى ٣ ، توجد بينها تساميك قابلة للتبديل ، وعرضها يساوى لعرض المادة المقصوصة . ويثبت الشريط المقصوص على عمود اللف ١ الذى يتم نزعه عند تعبثته بالشريط ، من المكنة بقصد ابعاد بكرات الشريط المقصوص . ويتم تحريك مجموعة السكاكين وعمود اللف من قبل محرك كهربائى ومن خلال علبة السرعات .

ولقص العديد من المواد العازلة يستخدم قالب القص (الشكل ٩٩) الذى يركب على مكبس لامركزى . وتنضغط المادة العازلة اثناء عملية القص على الطاولة ١ ، بواسطة الصفيحة ٢ المثبتة على البلاطة العلوية ٣ . وتعطى المادة العازلة حتى تصل للمصدم ٤ ، الذى يتحدد وضعه تبعا لعرض الشريط المطلوب . وتقص اللواح الكبيرة من المواد العازلة كهربائيا على طولها بواسطة المقصات القرصية .

وعند اصلاح ملفات المكنات الكهربائية والمحولات ، غالبا ما يحتاج الامر الى كمية غير كبيرة من بعض الاجزاء ذات الشكل الكروى ، المصنوعة من الكرتون الكهربائى ، لا يكون من المناسب تصنيع قوالب خاصة بها لقلة عددها وكثرة تنوعها .

وتقص الاجزاء الدائرية من الكرتون الكهربائى ، على المقصات الدائرية (الشكل ١٠٠) ذات التحكم البنيوماتى ، حيث يثبت الغفل بواسطة حجرة بنيوماتية رقية (الوحدة I) عبر الساعد ٢ ، حيث يثبت على طرفه مركز ضاغط ١ ، ويعود الساعد الى وضعه الاولى بواسطة النابض ٣ . ويتم تقريب وتبعد السكينة المتحركة بواسطة حجرة بنيوماتية رقية ثانية (الوحدة II) .



الشكل ١٠٠ - مقص دائري يدار بالهواء المضغوط

وينتقل الضغط من الرق العلوى عبر الساعد الاضافى ٤ الذى يتمتع بشكل الفطر ، والقرص ٥ ، والقرص ٦ والرق السفلى ، الى الساعد ٨ المزود على طرفه بالمصدم ٩ القابل للتعبير .

فعند ملء الحجرة بالهواء المضغوط يتحرك الساعد ٨ وينقل الجهد الى محور دوران السكينة المتحركة ، التى تنزل وتقص المادة . اما عندما يخرج الهواء من الحجرة ، يرتفع الساعد ٨ ، ويعود عمود الدوران مع السكينة تحت تأثير النابض ٧ الى الوضع الأولى .

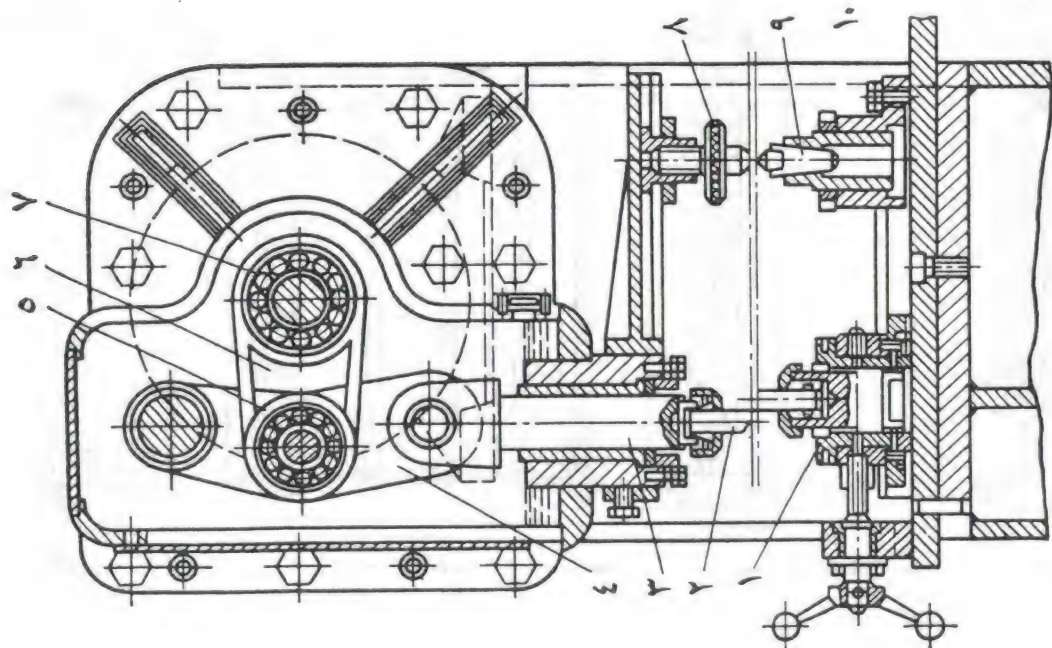
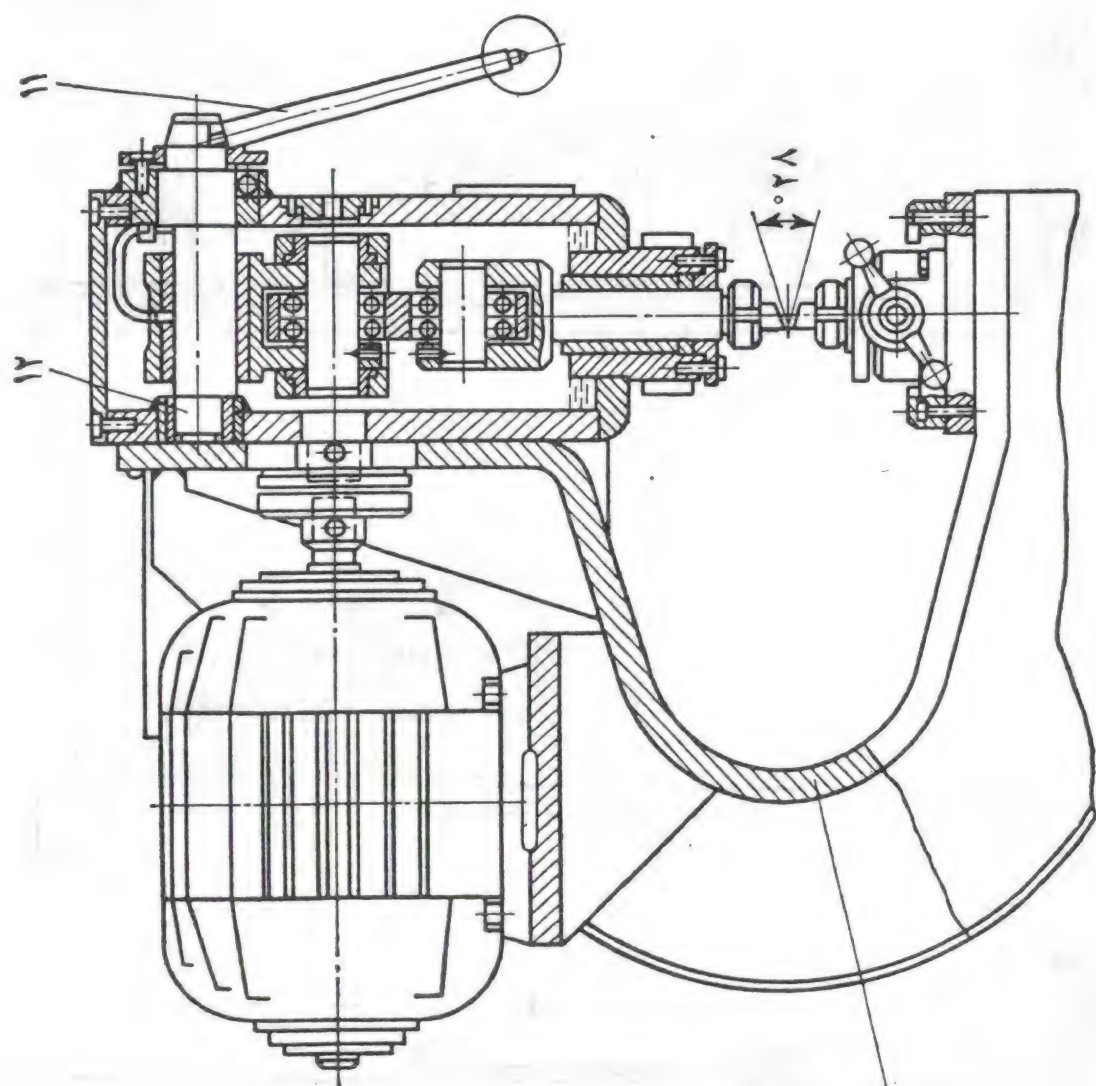
ويتم التحكم بالمقص بواسطة حنفية واحدة لها ثلاثة اوضاع ، والقص مخصص لقص دوائر يصل قطرها حتى ٩٠٠ مم . وان استخدام الهواء المضغوط في المقصات الدائرية يخفف الزمن المساعد بشدة ، ويحسن ظروف العمل .

وتوجد في كل انتاج ، اجزاء تستخدم بكميات قليلة (جزء واحد او اثنان للمكنة الواحدة) ، لا يكون عقلا نيا التزود بتجهيزات خاصة بها . وتقص مثل هذه الاجزاء على المقصات الاهتزازية (الشكل ١٠١) ، حيث يتصل المحرك الكهربائي بقارنة وصل جسيئة مع الرأس ٧ لذراع التوصيل ٦ الذي يعتبر قطعة لامركزية . ويتصل الرأس الآخر ٥ لذراع التوصيل ، بشكل متمفصل ، مع منظومة أذرع ٤ «متكسرة» ، تنقل الاهتزازات الى الساعد ٣ ، الذي يثبت على طرفه قلم القطع ٢ في حامله . وتوضع كل آلية الاهتزاز في علبة يصل الزيت اليها بواسطة مضخة بمسنتات .

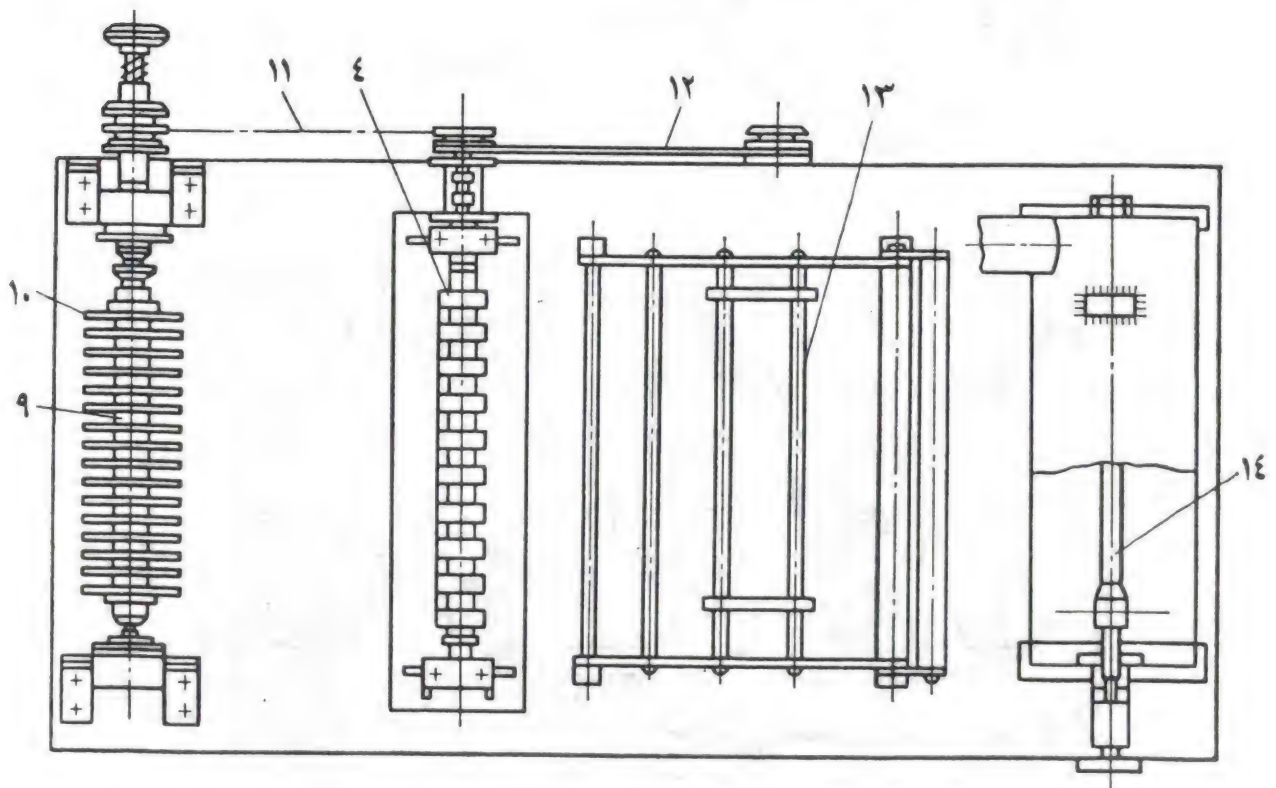
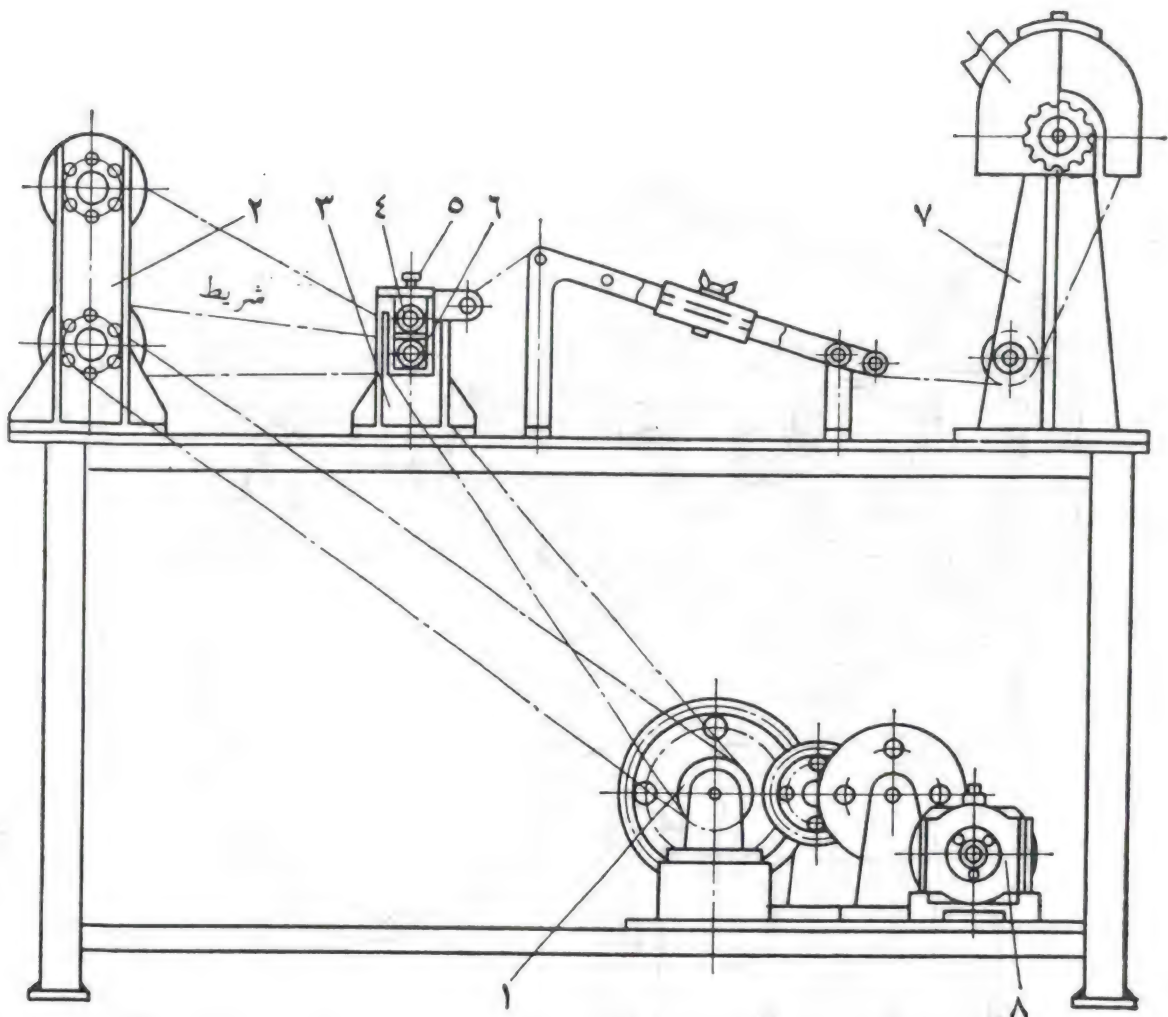
ويركب الحامل السفلى للقلم ١ مع قلم القطع فيه ، على القسم السفلى للفرش ١٠ ، ويمكن بواسطة الدولاب تعيير الفراغ الكائن بين قلمي القطع تبعا لسماكة المادة المطلوب قصها . وتعادل زاوية انفتاح القلمين ٢٨° وزاوية التجليخ ١٤° ، مما يضمن سحب المادة الى منطقة القص . ولقص الاجزاء الدائرية ، يركب الغفل في المركز ٩ ، ويشد باللولب ٨ ، وفي نفس الوقت تبدل السكاكين ، ويحتاج ذلك لوقت قليل .

فاذا لزم الأمر لفتح ثقب ما ، يمكن بواسطة القبضة ١١ تدوير الجذع ١٢ المزود باعناق لامركزية ، فيرتفع قلم القطع ٢ ويتم ادخال القسم الاوسط للغفل الى منطقة القطع . وبعد ذلك ينزل القلم ٢ تدريجيا مع كون المحرك في حالة العمل . ويثبت الجذع ١٢ في الوضعين العلوى والسفلى . ويمكن بواسطة المقص الاهتزازى قص الاجزاء المعدنية والاجزاء المصنوعة من المواد العازلة .

وان المواد العازلة مثل شريط الميكا والشريط الزجاجي ، والنسيج المشرب باللك ، ترد الى الورشة على شكل لفائف ، ثم تقص الى شرائط بالعرض المطلوب على المقص الدائري المزود ببكرات (الشكل ١٠٢) .



الشكل ١٠١ - مقص اهتزازي



الشكل ١٠٢ - مقص أسيتيني

ويتألف عمودا القص ٤ و ٦ من السكاكين القرصية التي تجمع مع جلب فاصلة على العمودين . ويكون عرض السكاكين وعرض الاشرطة المقصوفة متساويين .

وتدور الاعمدة على مدارج الدعامة ٣ ، وتشد باللولب ٥ . ويتم تحريك العمود السفلى بواسطة محرك كهربائي ٨ عبر مخفض بدسنتات ١ ، وبالسير الاسفيني ١٢ . وتركب لفيفة المادة العازلة المراد قصها على الشياق ١٤ ، الذي يدور بحرية على المدارج في الدعامة ٧ .

ثم يرد الشريط المبسط المقصوص من المادة الى اعمدة القطع عبر بكرة التوجيه والشبكة ١٣ ، وتلف الشرائط الضيقة المقصوفة على اعمدة الاستقبال للدعامة ٢ ، وتألف هذه الاعمدة من جلب تكستوليتية ٩ وحواجز ١٠ . وعندما تتعبأ الاعمدة بالشريط الضيق ، تنزع وتوضع مكانها اعمدة جديدة ، ويتم تفكيك الاعمدة خارج المكنة . تنتقل الحركة الدورانية الى عمود الاستقبال السفلى من مخفض السرعة عبر سلسلة اسبطينات (دحاريج) ١١ ، وتتصل اعمدة الاستقبال فيما بينها كذلك بسلسلة اسبطينات . وتزود المكنة بتهوية شافطة لسحب الغبار المتولد اثناء القص . وتتمتع المقصات الدائرية بنتاجية عالية ، ويسهل العمل عليها .

ولكى تكون ملفات الشريط المقصوص من النسيج المشرب باللك مرصوفة على بعضها بشكل افضل يجب ان تكون مقصوفة بحيث تشكل قاعدة النسيج زاوية معينة مع حافة الشريط . ولهذا السبب كانوا في السابق يلجؤون عادة لقص قطعة النسيج المشرب باللك الى شرائط ضيقة باتجاه قطرها ، مما عرقل ادخال المكنة على عملية القص وادى الى فضلات كبيرة في زوايا قطعة النسيج . اما في الوقت الحالى ، فتصنع الانسجة المشربة باللك ، بحيث تشكل قاعدتها زاوية معينة مع حافة القطعة ، مما يسمح بمكنة القص وانقاص الفضلات .

وتقص الاجزاء المعقدة الشكل بموجب تعليم سابق ، ولهذا الغرض يوضع لوح الكرتون الكهربائي على طاولة خاصة ، ثم يعلم الجزء المطلوب قصه حسب المخطط وبمساعدة الفرجار والزاوية والمسطرة والشابلونات والاقلام الملونة .

البند ٣٢ - تصنيع الاجزاء العازلة بالكبس

يعتبر الكبس من احدى الطرق المنتشرة لتصنيع الاجزاء العازلة من الكرتون الكهربائى ذى السماكات المختلفة .

ومن الميزات الاساسية للكبس هى الدقة العالية للاجزاء ، وعدم الحاجة للمعالجة الاضافية للحواف ، وامكانية افضل للتفصيل العقلانى للمادة ، وتشكل فضلات قليلة من المواد عند انتاج الاجزاء العازلة .

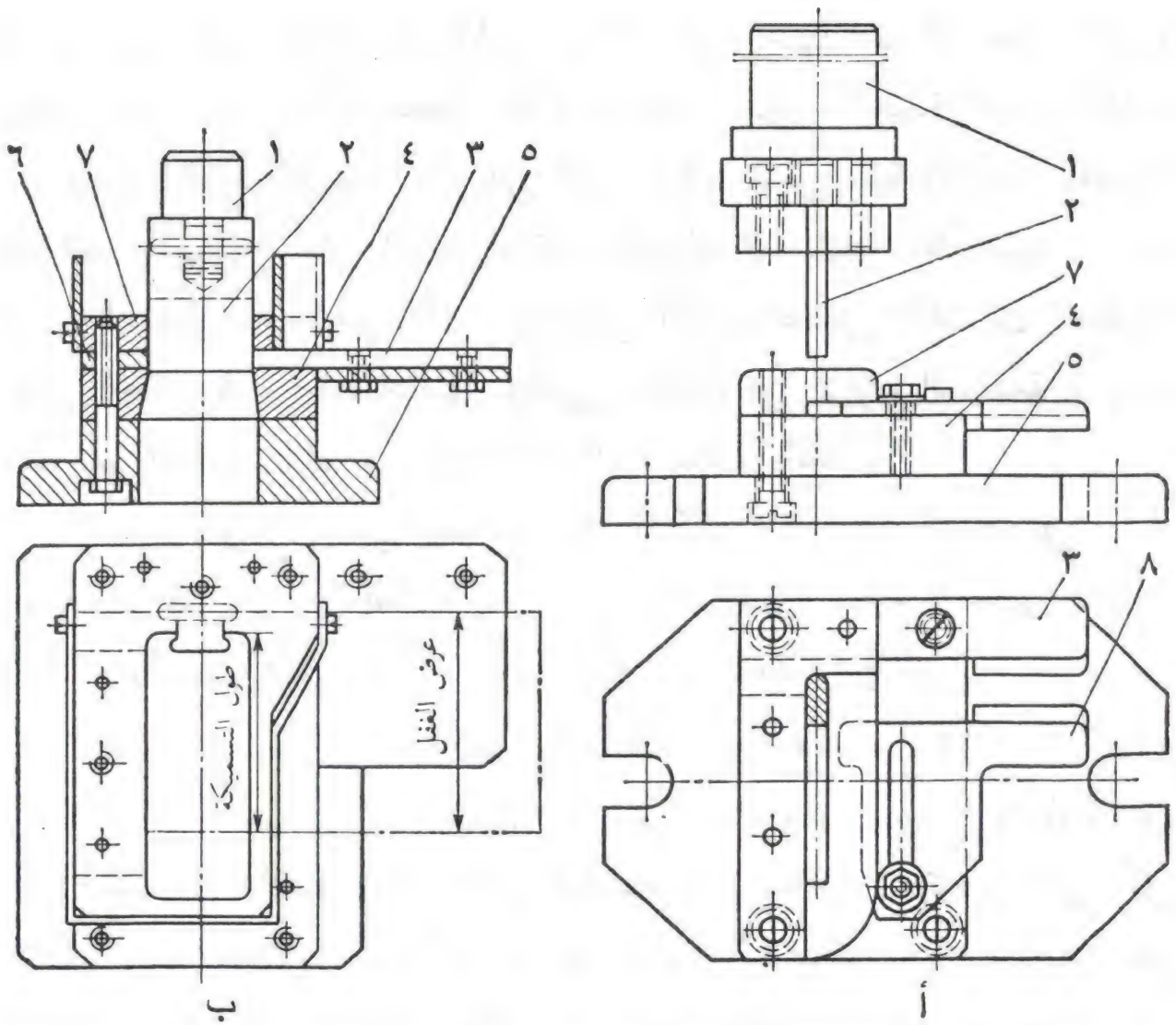
وبقصد التصنيع بالجملة ، للاجزاء العازلة من الكرتون الكهربائى بطريقة الكبس ، تستخدم قوالب القص والقوالب الشاملة الاغراض ، وكذلك نباتات متنوعة .

فمثلا ، تستخدم بشكل رئيسى لتصنيع التساميك ، قوالب القص التى يبين احدها على الشكل ١٠٣ ، أ ، بحيث يكون عرض القالب الذكر والقالب الانثى متطابقا مع العرض القياسى للتسميكة . اما تعيير طول التسميكة فيتم على حساب تغيير عرض الغفل الشريطى .

وتصنع قوالب قياسية من اجل القياسات الدارجة للتساميك ، تسمح بكبس التساميك المزودة باربع زوايا مستديرة وبمجررين معقدى الشكل . وبلاضافة الى ذلك ، فانه يمكن بواسطة القوالب القياسية ، قص التساميك من فضلات الكرتون التى تحتوى على حافة مستقيمة واحدة .

ويبين الشكل ١٠٣ ، ب القالب الشامل الاغراض للتحضير بواسطة القص لقطعة دارجة تصنع بالجملة مثل التبشيمة من الكرتون الكهربائى . ويتم بمساعدة هذا القالب الحصول على تباشيم لها اطوال مختلفة ، باستخدام اغفال لها طول قياسى ، يوضع بموجبها مصدم قابل للضبط .

وهناك عدد هائل من القوالب المتنوعة التصميم لتصنيع الاجزاء العازلة مهما كانت عمليا ، وذلك للمحولات والمكونات الكهربائية ، غير أنها تختلف مبدئيا بشكل قليل عن القوالب الموصوفة علاه . وتختلف القوالب عن بعضها بشكل رئيسى بابعادها وبعض خواصها البنيوية .



الشكل ١٠٣ - القوالب :

أ - قالب قص ، ب - قالب عمومي ؛ ١ - ذيل ، ٢ - قالب ذكر ، ٣ - صفيحة التوجيه ،
٤ - قالب انثى ، ٥ - وسادة ، ٦ - مصدم ، ٧ - قازع ، ٨ - مصدم تعبير

البند ٣٣ - عملية تكبيس وشى الاغفال والاجزاء العازلة

يتم تكبيس وشى الاغفال والاجزاء العازلة للمحولات والمكونات الكهربائية بهدف اعطاء هذه الاجزاء خواص اضافية ، مثل الصمود العالى ضد الحرارة ، والمتانة الكهربائية ، والصمود ضد الرطوبة ، وغير ذلك .
وتصنع بواسطة التكبيس اجزاء عازلة كثيرة تزيد سماكتها عن ٥ مم ،
وهي تصنع من الكرتون المضغوط (الملصق) .

ويتم تلصيق الواح الكرتون بلك من البيكالييت يوضع على سطح نصف عدد الالواح او الاغفال المراد توصيلها . ويميع اللك البيكالييتي بالكحول

الآتيلي حتى تصل الكثافة الى ٠,٩٥ - ٠,٩٧ غرام/سم^٣ عند الدرجة ٢٠° م ،
ويصب في حوض مكنة التغطية باللك ، وعندما تدور الاعمدة تتبلل باللك .
وتمرر الواح الكرتون الكهربائي التي سوف تقص منها الاغفال (قضبان
وصفائح وغيرها) ، او اغفال جاهزة للاجزاء المستقبلية (فلكات) ، بين
الاعمدة وتغطي بطبقة من اللك . ويتعرض الكرتون المغطى باللك الى التجفيف
الهوائي خلال ٨ - ١٠ ساعات . وتقص الاغفال من الالواح المجففة ، وبعد
ذلك يتم تجميع طاقم من رزمة الاغفال المغطاة باللك .

وتجنبنا لانزياح بعض الصفائح اثناء التكبيس ، تربط الرزم على كامل
طولها بشريط من ورق الكابلات ، ينزع بعد انتهاء عملية التكبيس . وتنفذ
عملية التكبيس عادة بمكابس هيدرولية من النمط الطابقي .

توضع على بلاطات المكبس المسخنة حتى ١٢٥ - ١٤٠° م ، الرزم
او الاغفال المجمعة ، بحيث لا تتلامس مع بعضها وتوزع بانتظام على
كامل مساحة البلاطة (منعا لتشوه البلاطات المسخنة) . وتوضع على كل
بلاطة اجزاء متساوية السماكة ، ثم تقرب البلاطات حتى تتلامس مع
الاجزاء ، وتسخن الاجزاء خلال ١٠ - ١٥ دقيقة ، ومن ثم يزداد رفع
الضغط .

ويتعلق زمن ابقاء الاغفال تحت الضغط بسماكة الاجزاء ، او الاغفال :

السماكة/بالملم	زمن الابقاء تحت الضغط بدرجة ١٢٥ - ١٤٠° م بالساعة
اقل من ٢٥	١
٢٦-٣٦	١,٥
٣٦-٨٠	٢
٨٠-١٢٠	٣

ويتم الحفاظ على الضغط المناسب ودرجة الحرارة الموافقة خلال مدة
التكبيس . وفي مثل هذا النظام ينصهر الراتنج البيكاليتي ويتغلغل جيدا في
الطبقات الخارجية للكرتون ، ويضمن تلاصق الاغفال المنفصلة لتصبح
قطعة واحدة . ومن الواجب تنفيذ عملية التكبيس تدريجيا ، لتجنب اخراج

اللك البيكاليتي عند المرحلة الاولى للتكبيس . فتحت تأثير الحرارة يتحول البيكالييت في البداية الى الطور B ، ومن ثم الطور غير القابل للعكس C ، الذى لا ينحل فى زيت المحولات الساخن . ومن الضرورى ، كى يتبلمر البيكالييت مرور وقت معين يتعلق بسماكة المنتجات المكبوسة . وعند انتهاء عملية التكبيس توقف عملية التسخين ، ويتحرر الضغط ، وتبعد البلاطتان عن بعضهما وتترع القطعة المكبوسة .

يستخدم الكبس والشى ايضا عند تصنيع أكامام الموحد من الميكانييت التشكيلى ، ومن حيث تصميم هذه الاكامام فهى اما ان تكون مشكلة من قطعة واحدة او عدة قطاعات . وتتألف الاكامام المؤلفة من قطعة واحدة او من عدة قطاعات ، من عدة طبقات من الميكانييت التشكيلى ماركة $\Phi M \Gamma$ و $\Phi M \Gamma A$ وهى مخصصة للمكنات المزودة بعازل من الصنف B ، والماركات $\Phi \Phi K$ ، $\Phi \Phi K A$ و $\Phi M K$ مخصصة للمكنات المزودة بعازل من الصنف H ، بحيث تلتصق هذه الطبقات مع بعضها بواسطة مادة رابطة ، وتعرض لضغط كبير ودرجة حرارة عالية . وتتألف العملية التكنولوجية لتصنيع الأكامام من مراحل تحضير القطاعات من الميكانييت التشكيلى ، وكبس القطاعات فى قوالب تشكيلية للكبس .

ويتم التوصل الى الشكل المعطى حسب المخطط للاكامام ، من غفل الميكانييت الذى يتمتع بشكل القطاع الهلالى ، ويطوى بالزاوية المطلوبة فى القالب التشكيلى للكبس .

ولكى نتجنب تشكيل السماكة الزائدة الموضعية ، والثنايا عند الاقطار الاصغر اثناء ثنى القطاعات الهلالية ، تقضم عدة فرضات على الاغفال . ونظرا للتراوح الكبير بين سماكة الواح الميكانييت التشكيلى ، تؤخذ الكمية اللازمة من القطاعات الهلالية لتحضير الاكامام ، لا بعددها وانما بكتلتها . ويصنع شابلون التفصيل بموجب الابعاد الحسابية للقطاع الهلالى ، يتم بواسطته تعليم الميكانييت لقص الاغفال . وتوضع الواح الميكانييت لقص الاغفال منها ، على شكل رزمة ارتفاعها يصل حتى ٢٠ مم ، وتقص اغفال القطاعات بشكل مسنن على المنشار الشريطى . وان عملية قص القطاعات

بالمنشار هي عملية مجهددة ، لذا فان القطاعات تقطع بالقالب عند الحاجة لتحضير كمية كبيرة من المخاريط .

وتنفذ عملية كبس الاكمام على الشكل التالي : تستف الاغفال - القطاعات الموزونة على شكل رزمتين في كل منهما عدد واحد من القطاعات ، وفي كل رزمة يدهن جانب واحد بطبقة رقيقة من اللك القلوى ، وتلصق القطاعات مع بعضها مع انزياح بمقدار $\frac{1}{4}$ عرض السن بحيث ان التغطية تتوزع بانتظام على كامل محيط الدائرة ، عند وضعها في القالب التشكيلي . قبل عملية الكبس توضع الرزمتان من اغفال الميكانيك بعد تسخينها حتى تطرى المادة الرابطة تماما ، ضمن القالب التشكيلي المسخن حتى ١٩٠°م في الفرن . ويحافظ على القالب الحاوى على الكم ، ضمن المكبس الهيدرولى حتى يبرد لدرجة ٤٠°م . وعندئذ لا يحصل شى تام للمادة الرابطة ، ويحافظ الكم على امكانية التشكيل اثناء شد الصامولة عند تجميع اجزاء الموحد على الجلبة . وتقص الحواف البارزة للكم قبل نزعه من القالب . ويستخدم المكبس والشى عند عزل الجلبة المعدنية لحلقات التماس للاعضاء الدوارة الطورية في المكنات اللامتزامنة .

وتعزل جلب حلقات التماس بالميكانيك الزجاجي (الميكانيك التشكيلي مع النسيج الزجاجي) او بالورق البيكاليتي . وتقص المواد العازلة ، قبل القيام بعملية العزل ، على المقصات الدائرية او الذراعية . وتقص اغفال الميكانيك بعرض يساوى الى ارتفاع الجلبة ، وبطول يساوى للطول المنشور للسطح الجانبي للجلبة مضافا اليه تسامح قدره ١٥ - ٢٠ مم لتشكيل التراكب عند الوصلة .

اما عرض الاغفال من النسيج الزجاجي والورق البيكاليتي فيجب ان يساوى ارتفاع الجلبة مضافا اليه التسامح المخصص للتنظيف بمعدل ٣ - ٥ مم من كل جهة ، ويجب ان يتراوح طول الغفل من ١ الى ٢ مم ، وهو يتعلق بعرض مادة اللفائف التى تقص الاغفال منها .

وتزال الدهون عن الجلبة المعدنية قبل تطبيق العازل وتعزل الجلب بالعازل الميكانيكى الزجاجي حسب التسلسل التالى : يوضع الغفل الميكانيكى على

بلاطة مستوية مزودة بمسخن كهربائي لتطرية الميكانيك ، ويدهن السطح الجانبى للجلبة باللك البيكالىتى ، ثم يلف العازل على الجلبة مع دحرجتها على الغفل الموضوع على البلاطة . وبعد ذلك توضع على العازل الميكانيكى (تلف الجلبة بالعازل) عدة طبقات من النسيج الزجاجى المشرب باللك ، ودهنها بعد كل دورة او دورتين باللك البيكالىتى . ولتسهيل عملية عزل الجلبة ، فانها تلبس من ثقبها على شياق معدنى يثبت فى الملمزة . وتعزل الجلب بالورق البيكالىتى مثلما تعزل بالنسيج الزجاجى ، ويجب ان يكون العازل متينا كهربائيا (يتحمل الفلطة التى لا تقل عن ١٢ كيلوفولط) ، ومتماسكا ، وخاليا من التجعدات والتطعيجات على السطح ، وخاليا من انزياح الطبقات على الجوانب ، وأن يكون العازل متماسكا مع الجلبة بشكل جيد . ولكى نلبى هذه المتطلبات يجب تكبيس العازل المطبق على الجلبة ومن ثم شويه .

ويتم تكبيس العازل على المكبس الهيدرولى فى قالب التشكيل المسخن مسبقا حتى الدرجة ١٦٠ - ١٨٠°م ، وهو يتألف من ست لقم لولبة مخروطية مقطعة ، تحيط بها حلقة ذات سطح داخلى مخروطى (ان تصميم الحلقات واللقم اللولبة المخصصة لكبس الموحدات شبيهة بهذه ، غير أن اجزاء القالب التشكيلى هنا ارق بكثير ، لأن جهد التكبيس لعازل الجلبة اقل بكثير). ويشوى العازل فى الافران الكهربائىة بدرجة ١٦٠ - ١٨٠°م ، حيث يوضع القالب التشكيلى مع القطعة المكبوسة ، ويبقى هناك لمدة تحسب اعتبارا من ٢٥ - ٣٠ دقيقة لكل ١ مم من سماكة الميكانيك الزجاجى ، و ١٥ - ٢٠ دقيقة لكل ١ مم من سماكة الورق البيكالىتى . وبعد الشوى ، تنزع القطعة المبردة حتى الدرجة ٦٠°م ، من القالب التشكيلى ، ومن ثم ينظف العازل من طرفى الجلبة بواسطة مبرد او ورق سمبازج .

والمرحلة الختامية هى الرقابة ، اى فحص جودة العازل ومتانته الكهربائىة . فالكم الجيد يجب ان يتمتع بسطح املس وخال من التجاعيد ، ويجب ان تطابق ابعاده (القطر والسماكة والارتفاع) بدقة للابعاد المعطاة ؛ واذا طرق عليه يجب أن يطلق صوتا صافيا . فالصوت الاصم او المرتجف هو

دليل على ان الكم مكبوس ومشوى بشكل رديء . ويسمح بانحراف سماكة الجدران بما لا يزيد عن ± 1 مم ، / وتقاس السماكة في ٨ - ١٠ نقط بواسطة الميكرومتر . ويتحدد قطر الكم وشكله كليا بقياس القالب التشكيلي وشكله ، ولذا اذا كان القالب مفحوصا ، فانه لا داعي هناك لفحص القطر الخارجى وشكل مخروط الكم . وبعلل الكشف الخارجى وفحص ابعاد الكم ، يجرى اختياره على المتانة الكهربائية في اضعف مكان (قمة المخروط) ، وذلك في ٥ - ٨ نقط بمساعدة الكترودات خاصة .

البند ٣٤ - تكنولوجيا العزل عند استعادة عازل اسلاك اللف

غالبا ما تصنع ملفات المكنات الكهربائية والمحولات من اسلاك اللف النحاسية التى تعتبر مادة قليلة التواجد . ولذا ، فانه عند القيام باصلاح ملفات المكنات الكهربائية غالبا ما تظهر الحاجة الى استخدام أسلاك اللف النحاسية الموجودة فى الملفات المعطوبة مرة ثانية .

ولكى نستخدم مجددا اسلاك اللف الموجودة فى الملف المعطوب ، يفك الملف بعد نزعها من مجارى قلب العضو الساكن ، والعضو الدوار الطورى او عضو الانتاج فى المكنة ذات الموحد .

وتنحصر عملية فك الملفات الموضوعة فى المجارى المكشوفة بترع اسافين المجارى وفك لحام الوصلات بين الوشائع ورفعها من المجارى . اما اذا كانت الوشائع مركبة فى المجارى باحكام ، فانها ترفع بواسطة اسافين من التكتسوليت توضع اولا بين الوشائع العلوية والسفلية ، ومن ثم بين الوشائع السفلية وقعر المجرى .

ويكون من الصعب فك ملفات الاعضاء الساكنة والاعضاء الدوارة واعضاء الانتاج التى تحتوى على مجار نصف مكشوفة او نصف مغلقة ، وذلك لأن الوشائع ملتصقة بشكل متين مع بعضها ومع جدران المجرى بلاك التشريب . ولتسهيل فك ملفات العضو الساكن والعضو الدوار او عضو الانتاج ، فانها تسخن حتى 350°م مع حرق العازل . ويمكن كذلك تمرير

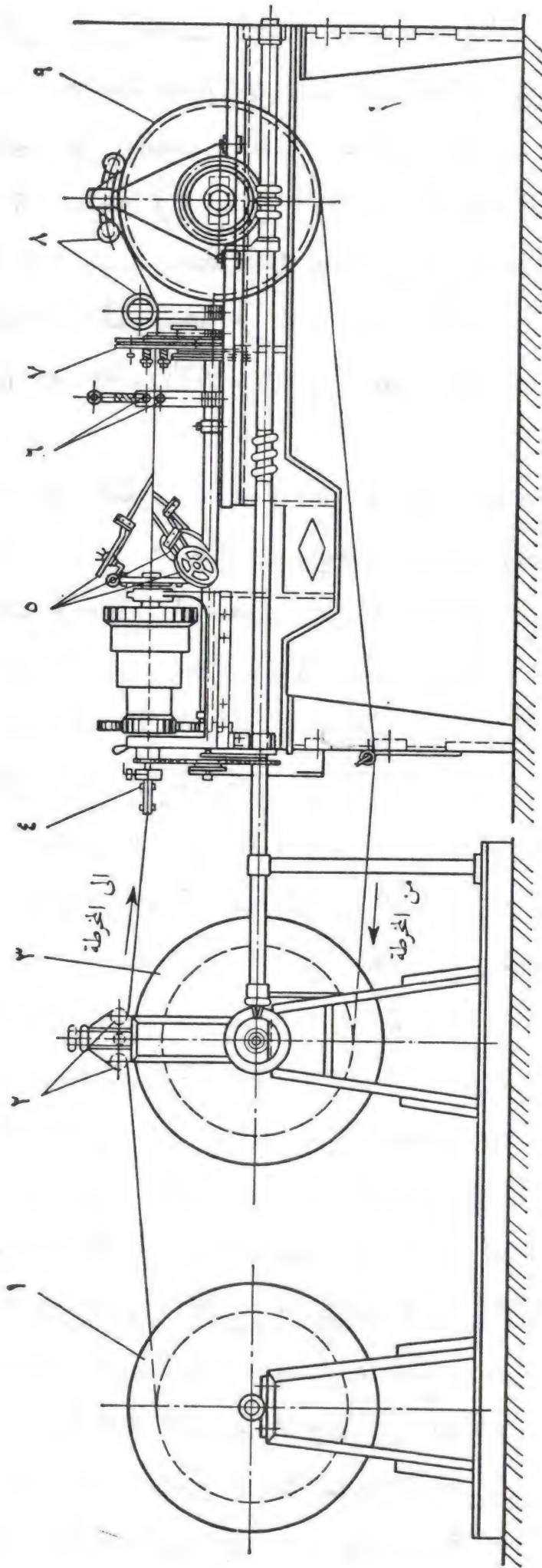
تيار كهربائي عبر الملف فلطيته ٤٠ - ٦٠ فولط ، فيسخن الملف حتى احتراق العازل وحدوث الخلل في التماسك الكائن بين اللفات . وهناك طريقة اخرى تنحصر في تغطيس العضو الساكن والعضو الدوار او عضو الانتاج لمدة ٨ - ١٢ ساعة في محلول ٣٪ من الصودا الكلسية ، المسخن حتى ٨٠ - ١٠٠°م ، حيث يتحطم اللك عندئذ ويخرج الملف بسهولة من المجارى . اما الملفات الموضوعة في الممكنات الكهربائية ذات العضو الساكن والعضو الدوار او عضو الانتاج الحاوية على مجار مغلقة ، فيتم فكها بسحب الاسلاك .

ولازالة العازل القديم ، غالبا ما يجرى تحميم الملف المفكوك في الفرن بدرجة ٤٥٠ - ٥٠٠°م . ويجب مراعاة النظام الحرارى للتحميم بدقة ، وذلك لانه اذا انخفضت درجة الحرارة عن ذلك تتعد فيما بعد عملية ازالة العازل الذى لم يحترق ، واذا حصل ارتفاع الحرارة عن الحد المسموح به يحصل فرط احتراق للسلك يؤدي الى تغيير بنية المعدن ، وتسوء بشدة خواصه الكهربائية والميكانيكية .

ويغسل الملف الساخن والمحمص في الماء بدرجة ٦٠ - ٧٠°م ، حتى ينظف تماما من العازل المحترق في الفرن . ومن ثم يجرى تقويم السلك بسحبه بين لقم خشبية ، وعزله على مكنة عزل خاصة .

وفي التطبيق العملى ، تجرى استعادة عازل اسلاك اللف في الملفات المعطوبة ، بمساعدة النبائط التى تتركب على مكنة الخراطة العادية . ويبين الشكل ١٠٤ احدى هذه النبائط غير المعقدة التصميم ، التى تؤمن عزل حتى ١٥٠٠ م من اسلاك اللف فى الوردية الواحدة .

ويتم عزل السلك فى هذه النبيطة على الشكل التالى : يأتى السلك العارى من الطنبور ١ عبر تجهيزة التقويم (البكرات ٢ اذا كان السلك دائرى المقطع ، او القالب ٤ اذا كان السلك مستطيل المقطع) ، وعبر العمود الدوار النافذ للمخرطة ، وبكرات التوجيه ٨ والطنبور القائد ٩ الى طنبور الاستقبال الاحتكاكى ٣ . وعند مرور السلك تقوم الاقراص ٥ بلفائف العازل الموجودة عليها ، بعزل السلك ، بدورانها حوله ولفه بورق العازل ، وتقوم البكرات ٦



الشكل ١٠٤ - مخروطة معدلة لعزل اسلاك اللف (مكنة ضفر) :

١ ، ٣ ، ٩ - طنائير ، ٢ - بكرات تقويم ، ٤ - قالب انثى للتقويم ، ٥ - اقراص ،
 ٦ - بكرات ضاغطة ، ٧ - نبيطة ضفر ، ٨ - بكرات توجيه

بتكبيس السلك المغطى ، اما النسيطة ٧ المؤلفة من اقراص دوارة تثبت عليها بكرات الخيطان القطنية، فتلف الخيطان على السلك المعزول لتثبت بمتانة العازل الورقى الموجود على السلك .

وغالبا ما يستخدم الشريط الورقى بسماكة ٠,٠٥ - ٠,١٢ مم وعرض ١٥ - ٢٥ مم او ورق الكابلات والاسلاك الهاتفية ، بمثابة مادة عازلة لأسلاك لف المحولات ، بحيث تلف على السلك حلزونيا مع التراكب بمقدار $\frac{1}{4}$ او $\frac{1}{3}$ عرض الشريط. اما الورق الرقيق (٠,٠٥ - ٠,٠٧ مم) فيلف على السلك بطبقتين او ثلاث طبقات ، بحيث تلف الطبقة السفلية بالتناكب ، اما العلوية فتلف بالتراكب بمقدار $\frac{1}{4}$ عرض الشريط . وتلتصق اطراف الشرائط مع بعضها وعند نهايات سلك اللف ، بواسطة اللك البيكالييتى .

وعند الحاجة للحصول على سلك معزول طويل جدا ، مثلا عند تحضير الملف المتواصل ، تلحم مسبقا قطع الاسلاك المحمصة بالتناكب ، ثم يعالج قسم الوصلة للحامية بالبرادة لازالة السماكة الاضافية التى تتشكل فى مكان الوصلة .

البند ٣٥ - عزل المجارى وقطع تثبيت الملفات فى الممكنات الكهربائية

تحتوى مجارى القلوب فى الاعضاء الساكنة والاعضاء الدوارة واعضاء الانتاج ، على خشونة معينة قادرة على احداث التضرر لعازل الملفات الموضوعه فيها . ولذا يعزل كل مجرى فى القلب بعناية ، بحيث توضع فيه القطعة العازلة المصنوعة من الكرتون الكهربائى او مادة عازلة أخرى . ويقوم عازل المجارى بعزل اضافى للملف عن الفولاذ الفعال للقلب .

تستخدم غالبا علب المجارى المصنوعة من مواد عازلة ، بصفة عازل مجارى القلوب فى الممكنات الكهربائية . وفى هذه الحالة يكون عازل المجارى عبارة عن علبة وحيدة الطبقة او متعددة الطبقات ، تلتصق بجدران المجرى وقعره . ويتم اختيار مادة عازل المجارى تبعا لنوع القلب ومرتبة صمود المكنة ضد الاحماء (صنف العازل) . فالمرتبة A يستخدم الكرتون الكهربائى

او النسيج المشرب باللك ، وكذلك هذه المواد مجتمعة ؛ وللمرتبة B يستخدم الميكانيك المرن او النسيج الزجاجي . وعندما تكون مجارى القلوب نصف مغلقة ، يجب ان تكون علبة المجارى جسيئة بما فيه الكفاية ، كي لا تتجعد وتنطعج بأسلاك اللف اثناء وضعها فى المجارى .

تستخدم علبة المجارى الثلاثية الطبقات ، والمؤلفة من شريطين من الكرتون الكهربائى وشريط من النسيج المشرب باللك يوضع بينهما ، على مدى عدة سنوات فى ملفات الاعضاء الساكنة .

ويمكن ان تخفض سماكة عازل المجارى بشدة عن طريق استبدال علبة المجارى التركيبية ، بالكرتون الكهربائى المغطى بغشاء ، وهو عبارة عن شريط من الكرتون الكهربائى بسماكة ٠,١٥ مم لصق عليه غشاء من الترياتيسيتات سماكته ٠,٠٥ مم . وهكذا ينخفض عدد طبقات العازل ، ويحمى الغشاء من طعجه بأسلاك اللف بالصاقه الكرتون مع عدم بقاء الطبقة الهوائية والفقاغات.

تستخدم فى المحركات اللامتزامنة الحديثة ، على الاغلب عوازل امتن للمجارى . فمثلا ، فى المحركات المحمية ومن المرتبة E ، تستخدم بصفة عازل المجارى مادة اللافسان بسماكة ٠,٠٥ مم بالترافق مع الكرتون الكهربائى ЭВ بسماكة ٠,٢ مم والنسيج الزجاجي ЛСЭ-1 بسماكة ٠,١٧ مم . اما فى المحركات ذات التصميم المغلق للأبعاد من القياس الثانى حتى الخامس ، فيستخدم العازل المؤلف من اللافسان بسماكة ٠,٠٥ مم بالترافق مع الكرتون الكهربائى ЭВ بسماكة ٠,١٥ مم للمحركات من القياس ٢-٣ ، وبسماكة ٠,٢ مم للمحركات من القياس ٤-٥ . يبين تحليل خرق العوازل فى الممكنات الكهربائية الجارى اصلاحها ، حيث تكون العوازل على شكل علبة المجارى ، على ان أضعف مكان عادة هو مكان خروج العلبة من المعجى . ويفسر ذلك بانه عند وضع الملف يحصل شق العلبة او جرحها بزاوية الرايش . لذا ، فان الاجزاء البارزة من اسطوانات المجارى يجب ان تكون محمية ، ويمكن ان تستخدم الاجراءات التالية للحماية : برادة الزوايا الحادة للروايش قبل وضع الملف ؛ دعم بروتات

اسطوانات المجارى بعزل ادوات تثبيت الملفات ، الذى يجب ان يصل الى قعر المجرى ؛ تدعيم الاطراف البارزة للاسطوانات عن طريق طيها . فى ورشات الاصلاح الكهربائى الصغيرة ، تنفذ يدويا عمليات قص المواد العازلة وتحضير عوازل المجارى ووضعها فى المجارى ، او مع استخدام وسائط الممكنة البسيطة المصنوعة محليا لتنفيذ بعض العمليات .

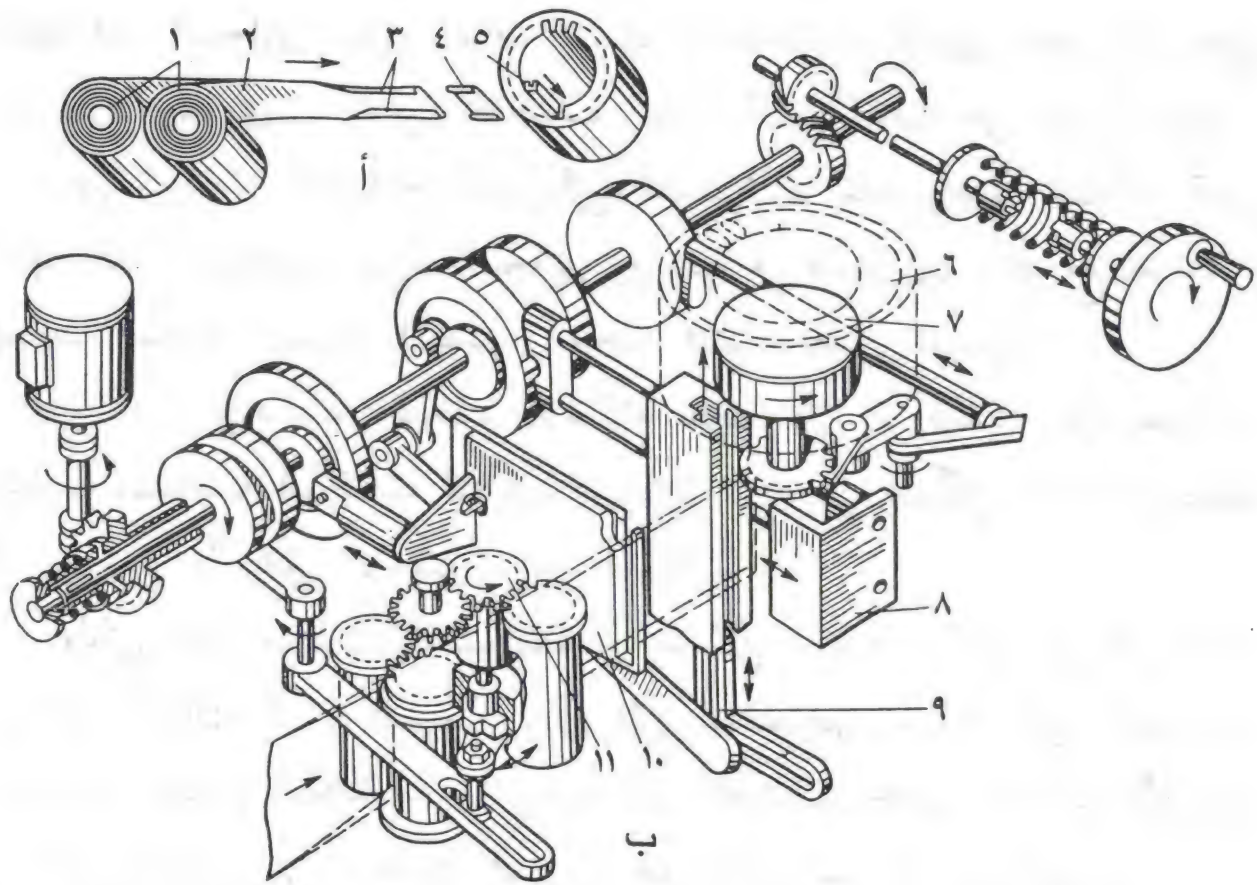
اما فى الورشات الضخمة للاصلاح الكهربائى ، فينفذ عزل مجارى القلوب بمساعدة المكينات النصف اوتوماتية ، ويبين الشكل ١٠٥ المخطط التكنولوجى والمبدئى لاحدى هذه المكينات .

ولكى نعزل مجارى القلب للعضو الساكن ، فانه يركب على المكنة ، وتركب كذلك لفيفة الكرتون الكهربائى المقصوص مسبقا على المقصات الدائرية . وتقوم المكنة بنفسها بتنفيذ باقى العمليات حسب الدورة الاوتوماتية و تنجز القلب مع المجارى المعزولة الجاهزة لوضع الملف فيها .

وتخصص هذه المكنة للعزل بعازل ثنائى الطبقات لمجارى الاعضاء الساكنة فى المحركات اللامتزامنة من السلسلة القياسية A2 و AO2 من الابعاد ذات القياسين الثانى والثالث . ويزود الجهاز النصف اوتوماتى ببيكرات تبديلية لتأمين عزل الاعضاء الساكنة من القياسات الاخرى .

وتعمل هذه المكنة على الشكل التالى : يطوى شريطا المادة العازلة ٢ (الشكل ١٠٥ ، أ) المسحوبة عن الملفين ١ ، من الجانبين ٣ ، وتقص الى اغفال ٤ تتشكل منها العلبة ٥ ، وتوضع العلبة بعدئذ بالتتابع فى مجارى العضو الساكن .

تأتى المادة العازلة الى المكنة بواسطة زوجين من الاعمدة ١١ (الشكل ١٠٥ ، ب) : الزوج الاول من الاعمدة يثنى الاكمام من جانبى الشريط اثناء التغذية بزاوية ٩٠° ، ويقوم الزوج الثانى من الاعمدة بضغط الاكمام نحو الشريط . وبعد ان يمر الشريط بين السكاكين ١٠ لآلية القص ، يتوقف الشريط مقابل القالب (حركة الشريط متقطعة) . وبعد قص الشريط بالسكين ١٠ يقوم القالب الذكر ٨ بدفع الغفل الى قناة القالب المؤنث ، ليأخذ هناك شكل العلبة ، التى تتحرك بواسطة المرسل ٩ عند الشوط العكسى للقالب



الشكل ١٠٥ - المخطط التكنولوجي (أ) والمخطط المبدئي (ب) للمكنة النصف اوتوماتية لعزل مجارى الاعضاء الساكنة للمحركات الكهربائية من السلسلة الموحدة A2 و AO2

الذكر ، من القالب المؤنث الى مجرى القلب فى العضو الساكن ٦ ، المركب على الرأس ٧ .

يدور الرأس دوريا بمقدار مجرى واحد ، بحيث يصبح المجرى فى كل مرة مقابل قناة القالب المؤنث. وان الاجهزة الاخرى الاوتوماتية والنصف اوتوماتية المخصصة لعزل مجارى الاعضاء الدوارة واعضاء الانتاج تختلف قليلا عن الجهاز النصف اوتوماتى المبين على الشكل ١٠٥ .

عند اصلاح المكينات الكهربائية تعزل ادوات تثبيت الملفات ايضا ، ولها تصاميم مختلفة . وان ماسك الملف هو عبارة عن فلكة مشكلة ملحومة او مسكوبة . وتقوم الفلكات بضغط الواح الفولاذ لقلوب الاعضاء الدوارة وأعضاء الانتاج ، ويرتكز الجزء الجبهى للملف على البروز الحلقى الموجود على الفلكة . ويعزل هذا البروز عادة بالكرتون الكهربائى ، وعند الحاجة

للحصول على عازل صامد للرطوبة والحرارة يعزل بالميكانيك . ويعزل ماسك الملف عادة حسب الطريقة التالية .

يدهن سطح ماسك الملف بلك صامد للحرارة والرطوبة ، ثم يوضع على كامل دائرة السطح شريط من النسيج القطنى بعرض يزيد قليلا عن ثلاثة اضعاف عرض ماسك الملف . ويوضع الشريط بحيث يتدلى شريط النسيج بعرض واحد من جانبي ماسك الملف . يثبت هذا الشريط بخيط يشد فى الوسط فى ثقب ماسك الملف . يدهن قسم النسيج الموجود على الاطار باللك .

وفوق النسيج والخيط توضع اشربة محضرة مسبقا من الكرتون او الميكانيك المرن بعرض يزيد عن عرض ماسك الملف بمقدار ١٠ - ١٥ مم تقريبا . ثم يدهن الصف الاول من الكرتون او الميكانيك باللك ، ثم يوضع فوقه الشريط الثانى من الكرتون او الميكانيك ، هكذا . ويحسب الارتفاع الاجمالى للعازل المطبق (كرتون او ميكانيك) ، بحيث ان قطر الجزء الجبهى لعضو الانتاج لا يزيد عن قطر الفولاذ فى عضو الانتاج ، بعد وضع جميع القطاعات فى مجارى عضو الانتاج ووضع الاربطة . لهذا الغرض ، من الضرورى القيام بحساب اولى للارتفاع الاجمالى المؤلف من سماكة عازل ماسك الملف ، وارتفاع القسم الجبهى للملف ، وسماكة العازل تحت الرباط ، وسماكة جميع طبقات سلك التريبط .

ويدهن العازل المطبق من الاعلى والجوانب باللك ، وبعد ذلك يشنى النسيج المشقق جزئيا على عرضه فى ٦ - ٨ اماكن ، من الجانبين على العازل ويسوى بعناية بحيث لا تتشكل فقاعات وتجميعات كبيرة .

أسئلة للمراجعة

- ١ - ما هى المتطلبات الواجب توفرها عند تفصيل المواد العازلة ؟
- ٢ - ما هى المعدات التى تقص عليها المواد العازلة ؟
- ٣ - ما هى مميزات تحضير الاجزاء العازلة بطريقة القص بالقوالب ؟
- ٤ - كيف يجرى تكبيس الاكمام الميكانيكية للموحد ؟

تكنولوجيا اصلاح الاجزاء العازلة والملفات فى المحولات

البند ٣٦ - المعلومات العامة عن اصلاح الملفات والعوازل

تعتبر الملفات والعوازل الداخلية للمحولات أكثر الاقسام المعرضة للتلف ،
والتي غالبا ما تتعطل . فعند العمل الطويل الامد للمحول (خاصة فى نظام
فرط التحميل المتكرر بكثرة) ، تنخفض بشدة المتانة الكهربائية لعازل
ملفه ولعوازل الاجزاء الاخرى ، مما يؤدى فى ظروف معينة (رطوبة الزيت
وغير ذلك) الى تعطل المحول وضرورة اصلاحه .

ولا يؤدى العمل الطويل الامد للمحول الى تعتيق العازل ، وانما كنتيجة
لذلك ، الى تخفيض المتانة الميكانيكية ايضا للملفات ، وهذا يكون غالبا
سببا لحوادث اعطال الملفات نهائيا .

ويبين التطبيق العملى لاستثمار المحولات ، التى جرى اصلاح ملفاتها
بشكل جزئى (استعادة القسم المعطوب من الاسلاك والعوازل) ان عمل مثل
هذا المحول عادة ، يدوم لفترة قصيرة . ولهذا السبب بالذات ، ففى معظم
منشآت الاصلاح ، يؤول اصلاح الملفات والعوازل الى تصنيع ملفات جديدة
واجزاء عزل جديدة .

يحتاج تصنيع الملفات الى استخدام كمية كبيرة من النباط والمعدات
والعدد التى يمكن تقسيمها شرطيا الى المجموعات الثلاثة التالية : نبائط
لتصنيع ومعالجة الاجزاء العازلة ، ومعدات ونباط لف الملفات ، تجهيزات
لمعالجة وتحريك الملفات .

وحسب درجة تخصص النباط ، فان المعدات والعدد تقسم الى معدات
وعدد شاملة الاغراض ، ومخصصة لتصنيع الملفات المختلفة الابعاد
والانواع ، والى معدات وعدد متخصصة لتصنيع ملفات من نوع او قياس

معين . وفي معامل الاصلاح الكهربائي تستخدم بشكل رئيسى المعدات الشاملة الاغراض ، ونادرا ما تستخدم النبائط والمعدات والعدد المتخصصة .

البند ٣٧ - تصنيع الاجزاء العازلة للمحولات

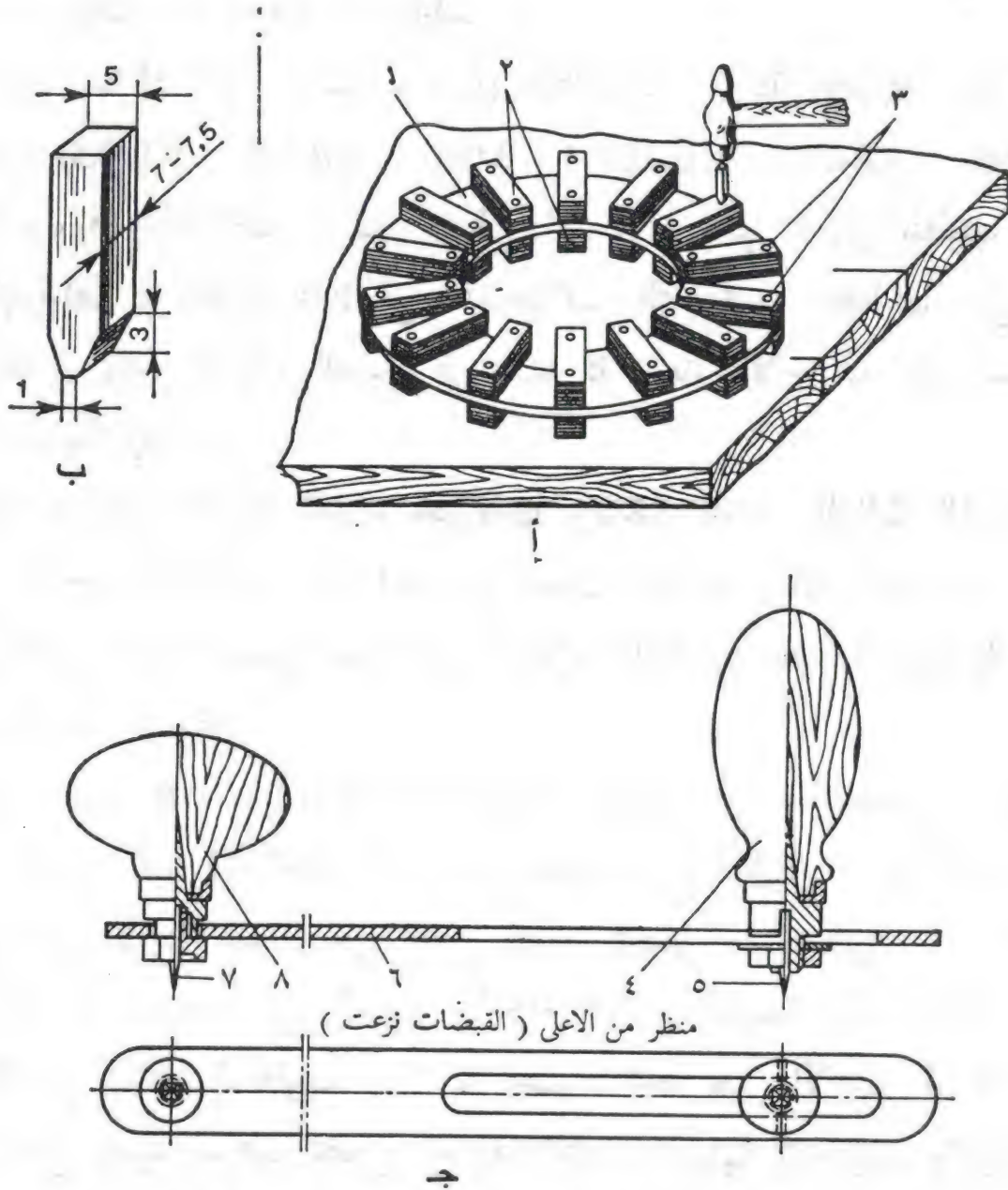
تصنع معظم الاجزاء العازلة المستخدمة فى المحولات المملوءة بالزيت ، من الكرتون الكهربائي ماركة A ، B ، B ، B ، G ، الذى يتمتع بمتانة كهربائية تعادل ٤٠ - ٥٥ كيلوفولط .

ولعزل اسلاك اللف يستخدم ورق الكابلات ماركة K-080 ، K-120 ، K-170 ، KB-030 ، KB-045 ، KB-080 ، KB-120 ، KB-170 ، KB-240 . ويستخدم ورق الكابلات ماركة K فى المحولات التى تصل فلطيتها حتى ٣٥ كيلوفولط ، وماركة KB فى المحولات التى تزيد فلطيتها على ٣٥ كيلوفولط . وتدل الارقام المبينة فى الماركة بعد الاحرف على سماكة الورق بالميكرونات .

تحدد كمية المواد العازلة وماركاتها وكذلك العدد والنبائط الضرورية لتصنيع الاجزاء العازلة ، تبعا لتصميم الملف وابعاده ومرتبة فلطيته . وتنحصر عملية تصنيع العديد من الاجزاء العازلة فى تعليم الكرتون وتفصيله وقصه وكبسه وتلصيقه .

تنفذ عملية التعليم باستخدام الشابلونات وادوات الرسم الهندسى ، وذلك بحيث تنطبق أكبر قياسات الاجزاء مع طول لوح الكرتون ، ويكون العدد الحاصل من الاجزاء العازلة من اللوح الواحد اقصى ما يمكن . وغالبا ما تستخدم فى التعليم الاجزاء العازلة القديمة والمحفوطة جيدا والمأخوذة من الملف المطلوب اصلاحه . وعندئذ يؤخذ بعين الاعتبار ان الاجزاء المصنعة من جديد سوف تنقص ابعادها اثناء معالجتها (تجفيف وشوى) . ويجرى تفصيل الاجزاء العازلة من الكرتون الكهربائي الجاف والمستقر . ولتجفيف الواح الكرتون ، فانها توضع بشكل رزم فى كل منها ٤٠ - ٥٠ لوحا ، وتوضع على الرزم صفائح خشبية ٣٠ × ٥٠ مم وتبقى ٢٥ - ٣٠ يوما فى مبنى جاف ومدفأ بدرجة ٢٥° م .

ويجرى تفصيل الكرتون الكهربائي وتصنيع الاجزاء العازلة بواسطة المقص اليدوي للفلكات ، والمقصلة والمقص الاهتزازي ، وكذلك بواسطة انواع اخرى من الممكنات والنبائط (انظر البند ٣١) .
تصنع الاجزاء الخشبية العازلة بواسطة المنشار الدائري او الشريطي .
وتثبت الاجزاء العازلة الخشبية والكرتونية بالصمغ والتباشيم المصنوعة من الكرتون الكهربائي .



الشكل ١٠٦ - تجميع العازل الطوقى لملف المحول (أ) ، مقص الفلكات اليدوي (ب) ، والتبشيمة الكرتونية (ج) :

١ - فلكة ، ٢ - تساميك من عدة طبقات من الكرتون الكهربائي ملصقة ببعضها ، ٣ - تباشيم خشبية ، ٤ - قبضة السكينة ، ٥ - سكينة ، ٦ - صفيحة فولاذية ، ٧ - ابرة ، ٨ - قبضة الابر

ويبين الشكل ١٠٦ ، أ تجميع عازل النير لملف المحولات من القياسات

II و III .

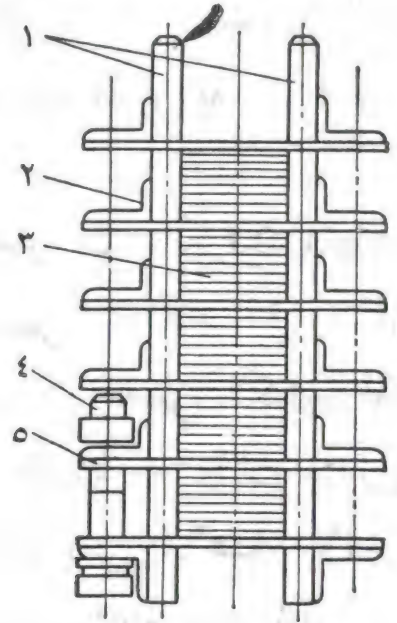
يمكن قص الفلكة ١ (الشكل ١٠٦ ، أ) من الواح الكرتون الكهربائي
بسمكة ٢ - ٤ مم بمساعدة مقص الفلكات (الشكل ١٠٦ ، ب) المؤلف
من القبضة ٤ مع السكينة ، المثبتة في شق الصفيحة الفولاذية ٦ ، ومن
الابرة ٧ مع القبضة ٨ .

حسب معطيات القياسات المنفذة يرسم بالفرجار على الكرتون القطران
الخارجي والداخلي للفلكة . وبعد وضع الابرة ٧ لمقص الفلكات في مركز
الدائرة ، ووضع السكينة ٥ على خط الدائرة الأكبر ، نقص الكرتون أولا
بخط الدائرة الخارجية وثم بخط الدائرة الداخلية للفلكة ، وذلك بتدوير
القبضة ٤ مع السكينة ٥ . ونقص الصفائح مع الاخذ بعين الاعتبار لاتجاه
الالياف ، بطول أو بعرض الالياف . وتنجم ضرورة مراعاة هذا الطلب ،
كما ذكر اعلاه ، عن اختلاف درجة الانكماش لصفائح الكرتون الكهربائي ،
المقصوفة على طول الالياف ، مما يؤدي الى الاعوجاج وانزياح الطبقات
اثناء عملية التجفيف او بعدها .

تغطي الصفائح المنفصلة لأغفال عازل النير بطبقة رقيقة من اللك
البيكالييتي ، وتجفف بطريقة التجفيف الهوائي ، ومن ثم تجمع حتى السماكة
المطلوبة وتربط بخيط من التفتا . وتجمع التساميك من الصفائح المستطيلة
المحضرة من الكرتون الكهربائي ، وتلصق مع بعضها بصمغ ينحل بالماء من
متيل السليلوز ، ومن ثم تكبس في النبيطة المبينة على الشكل ١٠٧ .
وفيما بعد تعلم على الفلكة بالطباشير اماكن وضع التساميك ، وتثقب
الثقوب المخصصة للتباشيم في التساميك والفلكة في نفس المرة . وتثقب
احدى التساميك لكامل سماكتها ، والثانية تثقب بما لا يزيد عن ٠,٢٥
من سماكتها .

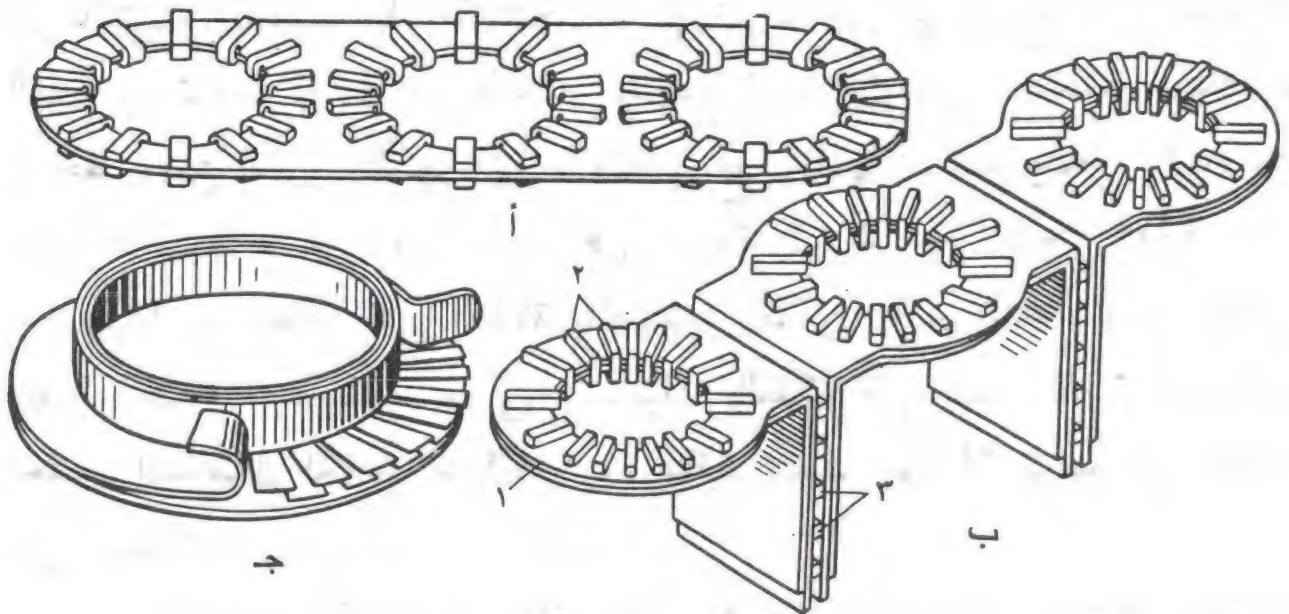
وبعدئذ توضع الفلكة مع طاقم التساميك على الطاولة بحيث تكون الثقوب
للأعلى ، وبدهن احد جانبي التساميك المجاورة للفلكة باللك البيكالييتي ،
وتوضع على الفلكة ، وتدق التباشيم ، المدهونة مسبقا باللك البيكالييتي .

وتحضر للتباشيم (انظر الشكل ١٠٦ ، ج) من الواح الكرتون الكهربائي ،
الملصقة بصمغ الميتيل السليلوزي .
وتثبت التساميك على الفلكة بتبشيمتين أو ثلاثة تبعا لطول التسميكة .



الشكل ١٠٧ - نبیطة لكبس التساميك
وجرائد الكرتون الكهربائي :
١ - قضبان فولاذية ، ٢ - زاوية ،
٣ - القطع المكبوسة ، ٤ - لولب مع
صامولة ، ٥ - صفيحة ضاغطة فولاذية

وتستخدم النبیطة المبينة على الشكل ١٠٧ كذلك لضغط القضبان
والاجزاء الاخرى من الكرتون الملصق بصمغ الميتيل السليلوزي .
وتصنع اجزاء العازل التعادلي من الكرتون الكهربائي بشكل مشابه للطريقة
الموصوفة اعلاه .

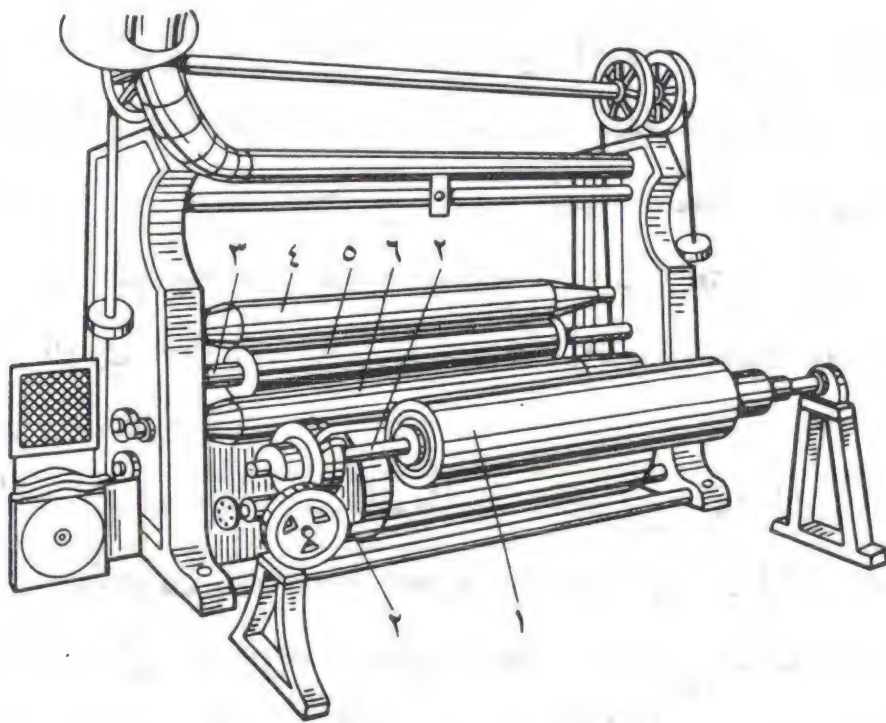


الشكل ١٠٨ - اجزاء العازل الرئيسي من الكرتون العازل كهربائيا :
أ - حاجز مستو مع تساميك على شكل Π ، ب - حاجز بين الاطوار ، ج - فلكة زاوية
«طرية» ؛ ١ - فلكة ، ٢ - تسميكة على شكل Π ، ٣ - تساميك التباعد المكبوسة

وبين الشكل ١٠٨ أجزاء العازل الرئيسى لمحولات القدرة ، المصنوعة من الكرتون العازل كهربائيا .

ان المصانع المخصصة لاصلاح المحولات ذات القياسات والقدرات المتنوعة ، تحتوى على مجموعة المعدات اللازمة لتصنيع جميع العوازل التى تصادف فى المحولات القديمة والحديثة ، بما فى ذلك معدات تصنيع ومعالجة الانابيب والاسطوانات الورقية - البيكالييتية .

تصنع الانابيب والاسطوانات الورقية البيكالييتية من الورق البيكالىتى ، وتلف الاسطوانات والانابيب على مكنة خاصة (الشكل ١٠٩) .



الشكل ١٠٩ - مكنة لتصنيع الاسطوانات العازلة :

- ١ - لفيفة من الورق البيكالىتى ، ٢ - عمودا التوجيه والشد ، ٣ - شياق ، ٤ - عمود ضاغط ، ٥ - العازل الملفوف ، ٦ - عمود يسخن كهربائيا

قبل بدء العمل يتم تشغيل تجهيزة التسخين فى المكنة ، ويسخن عمود اللف حتى الدرجة المحددة تبعا للكمية المستخدم وسماكة جدار المنتج وقطره : تكون درجة الاحماء فى حدود ٥٠ - ١٠٠ م° .

ويتم اللف حسب الطريقة التالية : توضع لفيفة الورق البيكالىتى ١ على العمود ويتم ادخال طرف الورقة داخل مكنة اللف بحيث يتلامس جانب

الورقة الخالى من اللك مع العمود ٢ ، بينما يتوجه الجانب المدهون باللك نحو السياق ٣ وعندما تلف المادة العازلة على الاعمدة المسخنة ٦ ، فان الراتنج الموجود على سطحها ينصهر ويلصق الطبقات الملفوفة من المادة العازلة .

ونتيجة لشد المادة بشكل قوى والتأثير الحرارى عليه ، نحصل على عازل متماسك عديد الطبقات .

يتم فحص سماكة الاجزاء العازلة اثناء عملية اللف وبعد انتهائها ، وذلك بالبياكوليس (القدمة المنزلقة) والشابلونة وبمساعدة عداد الدورات او مقياس السماكة المركب على المكنة .

ولتحسين الخواص الميكانيكية وخواص العزل يتعرض العازل للمعالجة الحرارية . وتعرض الاسطوانات والانابيب الملفوفة الى التجفيف فى بداية المعالجة الحرارية ، حيث يحصل تبخر المواد الحالة والرطوبة الموجودة فى العازل . ومن ثم تحصل بلمرة الراتنج ، التى تعتبر اساس اللك الذى يلصق طبقات الورق العازل . وعندئذ يتجمد الراتنج وتتجمد معه المواد الليفية وتأخذ الخواص المطابقة .

تجتاز الاسطوانات والانابيب المعالجة الحرارية بعد اللف مع الشياقات المركبة عليه . وتجرى المعالجة الحرارية غالبا فى الافران ذات التسخين البخارى او الكهربائى او بوحدة عالية التردد . وتوضع الاسطوانات والانابيب فى الوضع الرأسى او فى الوضع الافقى بحيث لا تتلامس مع بعضها البعض ، وان بينها طبقة هوائية لا تقل عن ١٠ مم .

يجب ان لا تزيد درجة حرارة فرن التجفيف عن ٦٠ - ٨٠ م عند شحنه بالمنتجات ، وتبقى المنتجات فيه عند هذه الدرجة المذكورة لمدة ساعة واحدة ، وبعد ذلك ترفع درجة الحرارة تدريجيا الى ١٢٠ - ١٦٠ م . ويتعلق زمن المعالجة الحرارية بسماكة جدران المنتجات ودرجة حرارة الفرن ، ويعادل وسطيا من ٨ الى ١٠ ساعات . وعند انتهاء المعالجة الحرارية يفصل التسخين وتنزع المنتجات من الفرن .

وتنزع المنتجات الجاهزة عن الشياقات بحيث لا تتضرر ، ثم تتعرض

للمعالجة الانجازية ، التى يتم اثناءها قص الحواف ونزع الروايش وتنظيف الحواف الحادة ، ثم تدهن باللك : مرة واحدة تدهن الانابيب المخصصة لعزل مأخذ التقريعات ، وكذلك الاسطوانات المخصصة لعزل ملفات المحولات التى تصل فلطيتها حتى ٣٥ كيلوفولط ، اما بالنسبة للمحولات التى تزيد فلطيتها عن ٣٥ كيلوفولط فتدهن الانابيب والاسطوانات مرتين ، وذلك بتغطيسها فى حوض من اللك مع التجفيف اللاحق فى الهواء وفى الفرن الذى تكون درجة حرارته الاولى ٦٠ - ٧٠ م° ثم تصل حتى ١٠٠ - ١٢٠ م° .
وان تكنولوجيا تصنيع جميع انواع الاجزاء العازلة للمحولات غير معقدة : فهى تصنع عن طريق تنفيذ نفس العمليات تقريبا (تقطيع ، قص ، تغطية باللك ، توصيل ، تدعيم ، لف ، معالجة حرارية ، تنظيف ، دهان باللك ، تجفيف) .

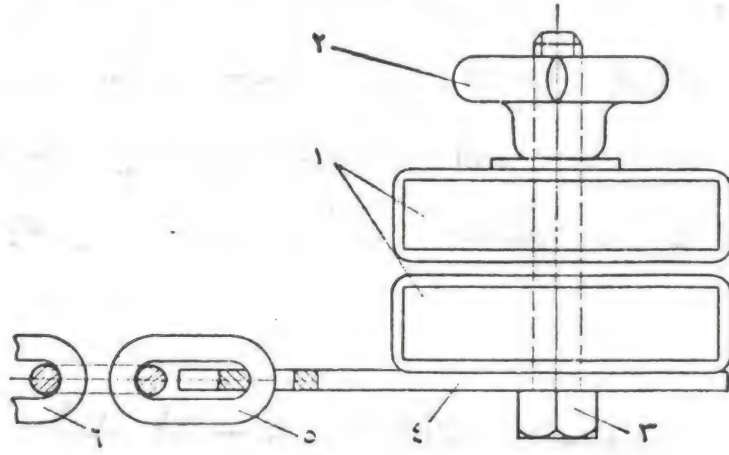
البند ٣٨ - لف الملفات الاسطوانية

تستخدم عادة الملفات الاسطوانية البسيطة والثنائية الطبقات بصفة ملفات منخفضة الفلطية اى بفلطية تقل عن ٦٦٠ فولط فى المحولات التى تقل قدرتها عن ١٠٠٠ كيلوفولط أمبير .

يلف الملف الاسطوانى البسيط الاحادى الطبقة (انظر الشكل ١٠ ، أ) بطبقة واحدة من سلك واحد او عدة اسلاك متوازية مقطوعا مستطيل الشكل . ويتألف الملف الاسطوانى الثانى الطبقة (انظر الشكل ١٠ ، ب) من لفات السلك الذى يكون مقطعه مستطيل الشكل ، والملفوف بطبقتين ، مع الانتقال من طبقة الى اخرى عادة فى القسم السفلى للملف . وتوضع بين الطبقتين عوازل من الورق او الكرتون الكهربائى الرقيق ، او توضع بانتظام على محيط الدائرة عدة قضبان تشكل قناة تبريد رأسية . ولتسوية الحواف الجانبية للملف تستخدم حلقات متقطعة اسفينية الشكل توضع على طرفى كل طبقة .

وتنفذ عملية لف الملف الاسطوانى بسلك مستطيل المقطع ، على الطريقة التالية .

تركب شابلونة خشبية قابلة للترك على عمود الدوران في مكانة الملف بين قرصين من الجيتيناكس* ، وتكون الشابلونة مقطوعة الى قسمين من جانب الى آخر ويميل القص بزاوية معينة على المحور ، ثم تلف الشابلونة بطبقة واحدة من الكرتون الكهربائي بسماكة ٠,٣ مم ، وتثبت بشريط من النسيج القطني ثم تدهن بالبرافين . وتنفذ عملية لف الملف الاسطوانى المتعدد الطبقات مع استخدام نبيطة للشد (الشكل ١١٠) ، مؤلفة من لقمتين



الشكل ١١٠ - نبيطة الشد :

- ١ - لقم لولبية خشبية ، ٢ - صامولة تشكيلية (نجمة) ، ٣ - لولب ، ٤ - صفيحة فولاذية ،
٥ - حلقة توصيل ، ٦ - سلسلة (جنزير)

خشبيتين مصقولتين ١ ينضغط بينهما السلك (الاسلاك) . وتثبت هذه النبيطة مع دعامة الفرملة بواسطة الجنزير ٦ .

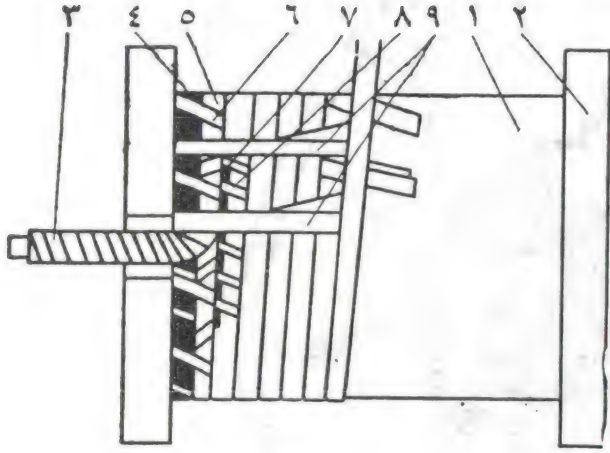
ولتشكيل طرف المأخذ يثنى سلك الملف بزاوية قائمة وبواسطة نبيطة للثنى ، ثم يعزل طرف المأخذ حسب المخطط ويوضع في شق القرص المصنوع من الجيتيناكس (من جهة الصينية الدوارة) ، ويثبت مع عمود الدوران للمكانة بممسك خاص او بشريط قطني .

ولتسوية السطح اللولبى للفة الاخيرة تلبس على الشابلونة حلقة تسوية مشقوقة ومصنوعة من الورق البيكاليتى ، ويتم تثبيت الحلقة بربطات من شريط الكبير (على شكل ٨) وذلك اثناء لف اللفة الاولى للطبقة الاولى (انظر

* الجيتيناكس - الورق الطبقي الراتنجى (ملاحظة المترجم) .

الشكل ١١١ - تثبيت مأخذ الطرف والمائل

في الملف :



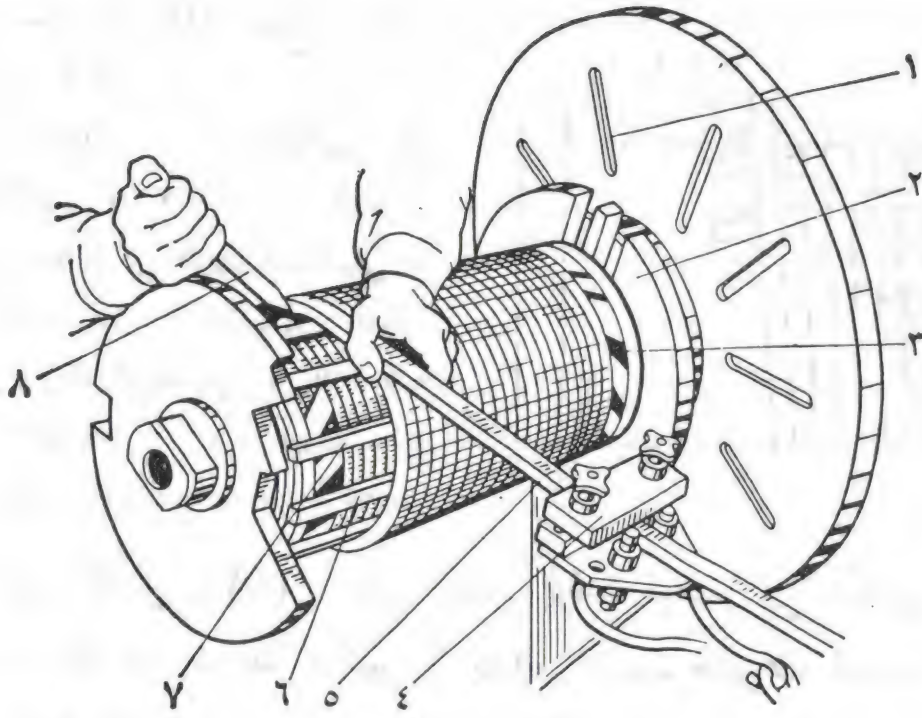
- ١ - شابلونة (طبعة) ، ٢ - اقراص من البلاستيك الرقائقي ، ٣ - الطرف المعزول للمأخذ ، ٤ - حلقة من الورق البيكاليتي ، ٥ - سلك الملف ، ٦ - تثبيت الحلقة المصنوعة من الورق البيكاليتي ، ٧ - علبة من الكرتون الكهربائي ، ٨ - تثبيت علبة الكرتون الكهربائي ، ٩ - ربطات شريط الكبير

الوضع ٦ على الشكل ١١١) . وفي نفس الوقت توضع في مكانين او ثلاثة على الدائرة اربطة من شريط الكبير ٩ بغرض تثبيت الطرف لمأخذ الملف . واثناء لف اللفة الثانية توضع علبة الكرتون الكهربائي ٧ (مقابل ثنية المأخذ الاولى) ، وتثبت بشريط ٨ من التفقا . ثم نواصل عملية لف اللفات اللاحقة مع وضع اللفات بشكل متراس على بعضها البعض في الاتجاه المحورى ، ويسجل العداد عدد لفات الملف . وبعد الانتهاء من لف ٥ - ٦ لفات من الطبقة الاولى يتم تطريق اللفات الملفوفة باسفين من الخشب او الفبير ، ثم تثبيتها بشريط ٩ من الكبير . ثم ينزع التثبيت من الشابلونة عن الكرتون الكهربائي وتستمر عملية لف الطبقة الاولى مع متابعة تطريق اللفات اثناء الملف .

وقبل الوصول الى نهاية لف الطبقة الاولى بلفة واحدة توضع حلقة التسوية المصنوعة من الورق البيكاليتي ويتم انهاء لف الطبقة الاولى مع تثبيت حلقة التسوية في الوقت ذاته ، كما ذكر اعلاه .

عند الانتقال لللف الطبقة الثانية للملف توضع لاطات خشبية (قضبان) لجعل مسافة بين الطبقتين ، وذلك بالتناوب مع العوارض التكنولوجية المصنوعة من الخيزران ، المدهونة مسبقا بالبرافين . وتثبت اللاطات والعوارض مؤقتا بشريط من الكبير .

توضع العوارض التكنولوجية لكي تأخذ الطبقة الثانية شكلا اسطوانيا صحيحا ، ويجب ان تكون أرق من اللاطات الثابتة بمقدار ٠,٥ مم لتسهيل نزعها بعد لف الملف . وفي نفس الوقت ، عند لف اللفة الاولى للطبقة



الشكل ١١٢ - لف الملف الاسطوانى للفلية المنخفضة :

١ - صينية المكنة ، ٢ - قرص الشابلونة المصنوع من البلاستيك الرقائقى ، ٣ - تثبيت الحلقة المصنوعة من الورق البيكالييتى ، ٤ - نبيطة الشد ، ٥ - سلك اللف ، ٦ - لاطة من البلاستيك الرقائقى ، ٧ - صفيحة تكنولوجية ، ٨ - اسفين من الفير

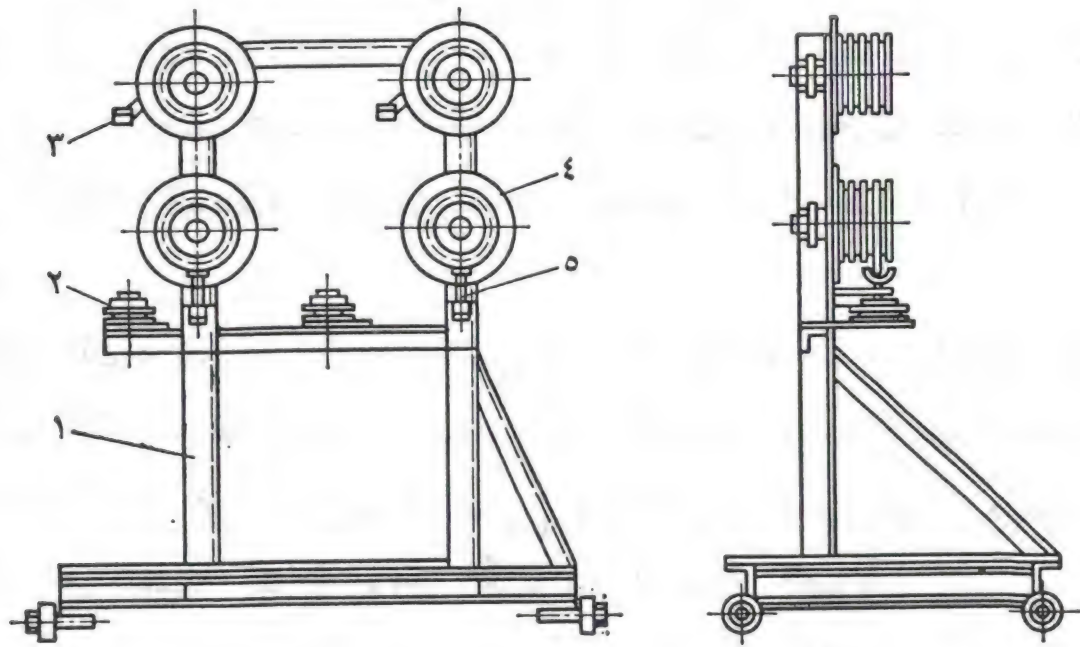
الثانية تثبت حلقة التسوية البيكالييتية . واثناء عملية اللف تطرق كذلك لفات الطبقة الثانية باسمين من الخشب او الفير (الشكل ١١٢) . وعند لف اللفة الاخيرة توضع حلقة التسوية البيكالييتية وتثبت برابط اثناء لف اللفة الاخيرة . وعند انتهاء اللف يقص السلك بمقص يدوى خاص ، مع ترك طول معين لطرفه ، ويشنى المأخذ الطرفى بزاوية ٩٠° ، ثم يعزل حسب المخطط ويوضع فى شق القرص المصنوع من الجيتيناكس . ويثبت طرف مأخذ الملف بشكل مضمون بواسطة رباط من شريط الكبير بمعدل ٦ - ٨ لفات تغطى بعضها البعض ، وبعد الانتقال يتم تربيط الطبقة العلوية للملف على طولها كله مع التغطية النصفية لشريط التربيط . ثم يتزع الملف من المكنة ، وتزع الشابلونة منه ، ويربط باربع مشدات دائرية من شريط الكبير توزع بانتظام على طوله ، ويرسل الى المعالجة التكنولوجية اللاحقة .

ويلف الملف الاسطوانى المتعدد الطبقات (انظر الشكل ١٠ ، ج) عادة من سلك دائرى المقطع . وتتألف طبقة الملف من لفات ملفوفة بخط

حلزوني ، وتلف الطبقة الاولى عادة على اسطوانة من الورق البيكاليتي وتوضع بين الطبقات المتجاورة عدة طبقات من ورق الكابلات . ولزيادة سطح التبريد توضع بين بعض طبقات الملف لاطات او عوارض من الخيزران او الكرتون الملتصق ، تشكل قناة محورية .

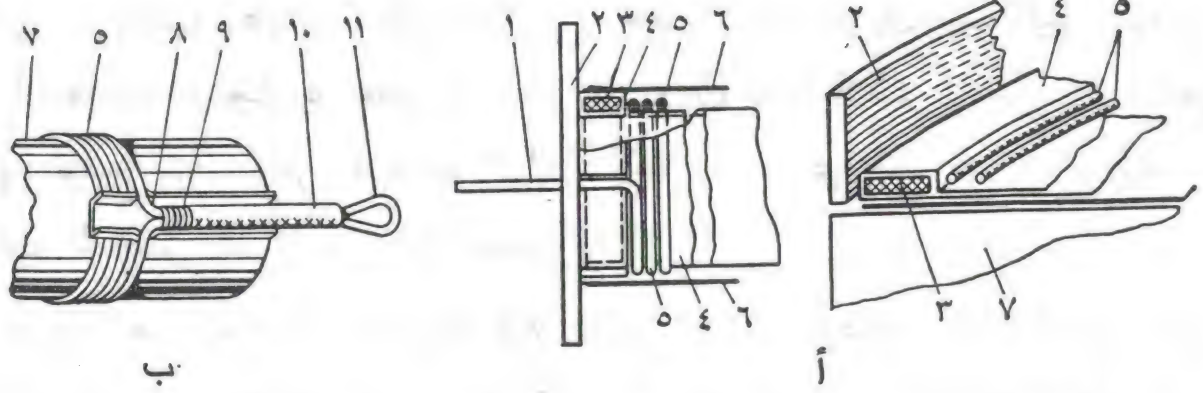
وللوقاية من الاضرار الميكانيكية يوضع تحت اللفات الطرفية من كل طبقة ما يسمى «بالحافة» ، وهي عبارة عن شريط ضيق من الكرتون الكهربائي بسماكة ٢ مم ملتصق على شريط اعرض من ورق الكابلات . وخلال عملية لف كل طبقة ينضغط شريط ورق الكابلات باللفات ، اما شريط الكرتون فيقوم بدور مسند الملف ، وبدور الجزء العازل الاضافي الذي يحمي اللفات الاخيرة من الاضرار الميكانيكية .

قبل بدء لف الملف الاسطوانى المتعدد الطبقات بسلك دائرى المقطع ، على دعامة خاصة (الشكل ١١٣) ، يتم ادخال طرفى السلك فى بكرة الشد ٤ . ويتم ضبط شد السلك عن طريق تغيير قوة فرملة البكرات بمساعدة نجهيزة الفرملة ٥ ، وذلك لتأمين تراص لفات على الشابلونة . ويبدأ اللف ن ثنى وعزل طرف الملف الذى يثبت بعدئذ على الشابلونة . ويبين الشكل



الشكل ١١٣ - منصب من اجل لف السلك الدائرى :

- اطار المنصب (الدعامة) ، ٢ - جلب كروية ، ٣ - العازل الملفوف ، ٤ - بكرة عليها مجار ، ٥ - تجهيزة الفرملة



الشكل ١١٤ - لف الملف الاسطوانى المتعدد الطبقات بسلك دائرى المقطع :

أ- تثبيت العازل الطرفى الاستنادى ، ب- تفريع الربطات وعزلها ؛ ١- تفريضة ، ٢- فلكة استنادية ، ٣- عازل طرفى («حافة» من الكرتون الكهربائى) ، ٤- ورق كابلات ، ٥- لفات الملف ، ٦- العازل ما بين الطبقات ، ٧- شابلونة ، ٨- علبة من الكرتون الكهربائى ، ٩- حزام الربطة ، ١٠- انبوبة من النسيج المشرب باللك ، ١١- نهاية الربطة

١١٤ ، أ طريقة تركيب وتثبيت العازل الاستنادى الطرفى لكل طبقة من طبقات الملف «الحافة» .

وتجرى عملية اللف على احدى مكثات اللف المبينة على الشكلين ٩١ ، أ و ٩٢ .

تبعا لاتجاه اللف (من اليسار او من اليمين) توضع «الحافة» على الاسطوانة المركبة والمصنوعة من الورق البيكاليتى وتلف اللفة الاولى بحيث تضغط على ورق الكابلات ، وتستند الى الشريط المصنوع من الكرتون الكهربائى . وتوضع اللفات اللاحقة بشكل متراص ، بحيث ينضغط الشريط الورقى باللفات المتطرفة للملف ، اما «الحافة» فتعزل طرف الملف بشكل مضمون .

وقبل انتهاء الطبقة الاولى بخمس او ست لفات توضع «الحافة» بتلامس مع فلكة الاستناد للشابلونة ، ويستمر لف اللفات بحيث تستند اللفة الاخيرة من الطبقة الاولى على الشريط المصنوع من الكرتون الكهربائى . ويعزل مكان الانتقال الى الطبقة الثانية بورق الكابلات او ورق الهواتف .

فى بعض تصاميم الملفات ، يلصق شريط الكرتون الكهربائى بلك بيكاليتى على اسطوانة الملف (وفى الطبقات اللاحقة تلصق على العازل الموضوع بين الطبقات) اثناء عملية اللف . وفى بعض الاحيان (عندما يكون مقطع

السلك كبيراً) توضع من طرفى الملف فى كل طبقة حلقات بيكالييتية ، وتثبت هذه الحلقات على اللفات اثناء عملية اللف بواسطة ربطات من شريط الكيبر .

وكما يبين الشكل ١١٤ ، أ فان العازل ما بين الطبقات يوضع على كل ارتفاع الملف بما فى ذلك ارتفاع «الحواف» ، علما بان بداية الطبقة الاولى من العازل الذى يكون من ورق الكابلات ، توضع تحت اللفة الثانية والثالثة ، اذا تم العد من نهاية الطبقة ، وتلف هذه اللفات مع العازل ما بين الطبقات بحيث ان اللفة الاولى للطبقة اللاحقة تخرج من تحت اللفة الاخيرة لورق الكابلات . وبعدئذ ، كما سبق ، يوضع العازل الطرفى (الحافة) وتلف الطبقة الثانية وهكذا .

ولتشكيل قناة التبريد المحورية ، توضع بشكل منتظم لاطات المسافة التى تصنع من الخشب او الكرتون الكهربائى . ولكى نحافظ على الشكل الاسطوانى الدائرى للملف ، توضع بالاضافة الى اللاطات الدائمة ، لاطات اخرى مؤقتة تتناوب مع الدائمة . وتثبت اللاطات بشريط من الكيبر ، ويوضع العازل الطرفى وتلف اللفات الاولى للطبقة التالية للملف . وبعد نزع الشريط الذى يثبت اللاطات نستمر فى اللف .

ويتم عادة تحضير التفريعات المخصصة لتعبير الفلظية ، عن طريق لحام المونة مع السلك لصفائح من الشريط النحاسى ذى المقطع المساوى لمقطع السلك . وعندما لا يكون مقطع السلك كبيراً ، تنفذ التفريعات بعقدة من نفس سلك اللف ، كما هو مبين على الشكل ١١٤ ، ب . ويتم عزل التفريعات بالنسيج المشرب باللك مع وضع شرائط (او علب) من الطرفين ، مصنوعة من الكرتون الكهربائى . ويحزم الملف الجاهز برباط من شريط التفتا او ورق الكابلات ، وبعد ذلك يرد الملف الى قسم التجفيف (والتشريب) .

البند ٣٩ - لف الملف المتواصل

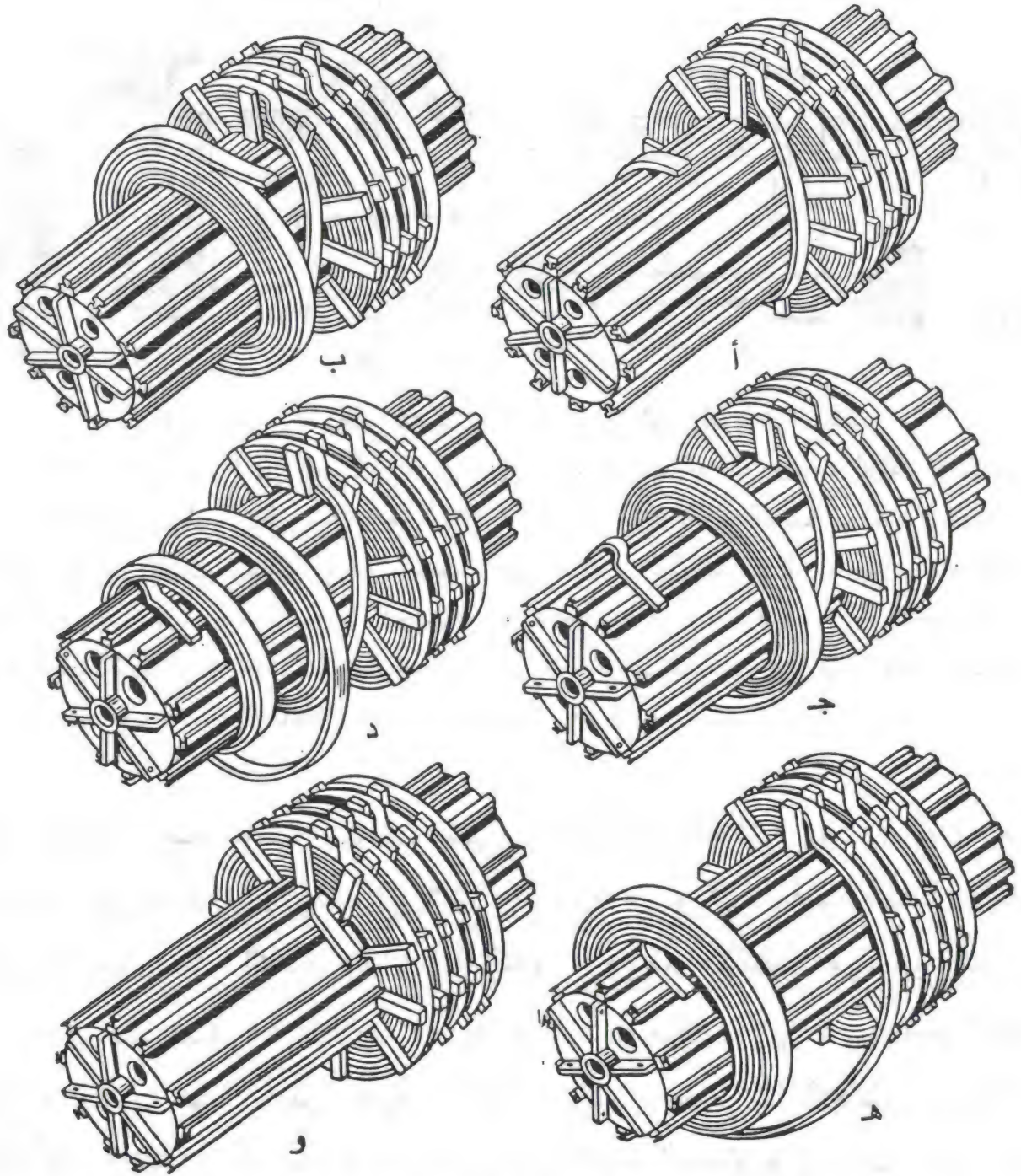
يتألف الملف المتواصل (انظر الشكل ١٠ ، د) من العديد من الوشائع التى توجد بينها اقنية افقية ورأسية لتصريف حرارة الملفات بصورة أفضل.

وتتشكل الاقنية بين الوشائع بواسطة اللاطات (الاقنية الرأسية) واللاطات المزودة بتساميك مركبة عليها (الاقنية الافقية) .

يمكن ان يتألف الملف من عدة اسلاك متوازية فى اللفة الواحدة . وان استخدام الاسلاك المتوازية بدلا من سلك واحد كبير المقطع يخفض فقدان الطاقة على التيارات الدوامية فى الملفات ، ويسهل لف الوشائع ، وذلك لانه بدلا من سلك ثقيل تستخدم عدة اسلاك ادق . فاذا كان الملف ينفذ من سلكين متوازيين او أكثر ، فانه يجرى تغيير اماكن الاسلاك (تنقل الاسلاك) عند الانتقال من وشيعة الى وشيعة ، وذلك بهدف تسوية الطول والمقاومة فى السلكين وكذلك وضع كل منهما فى المجال المغناطيسى للتشتت . ويتم نقل موضع الاسلاك المتوازية اثناء اللف عند كل انتقال من وشيعة الى اخرى .

وتنفذ عملية اللف للملف المتواصل من سلك واحد حسب الطريقة التالى شرحها .

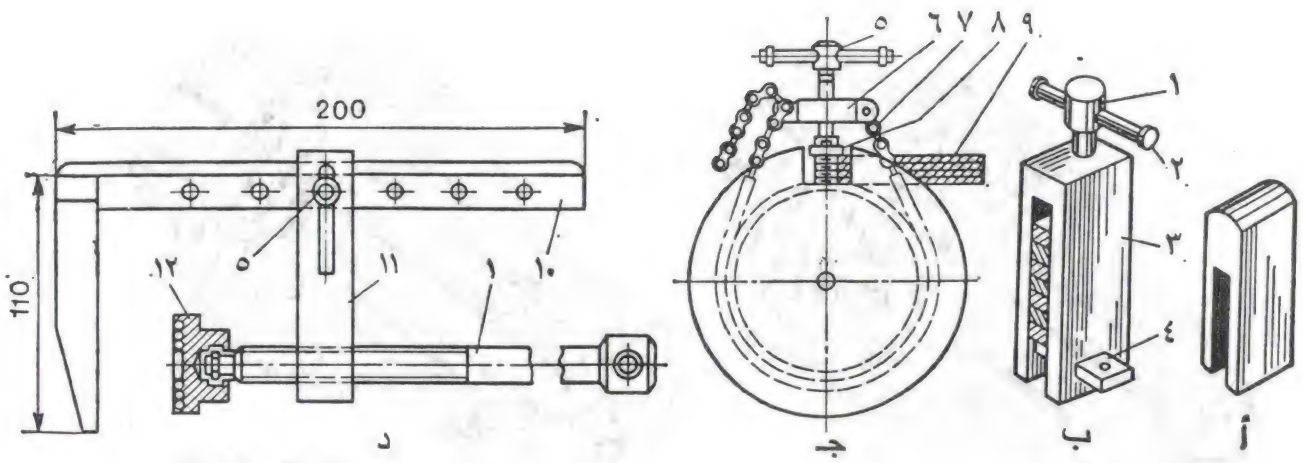
بعد انجاز الاعمال التحضيرية ، يثبت طرفا السلك بالطول المطلوب (على صفيحة خشبية) ويخفف شد السلك ، وبعد بدء تشغيل المكنة نبدأ بتصنيع الوشيعة الاولى المؤقتة ، وذلك بعدة مواقف . اولا ، يتم لف لفات الوشيعة المؤقتة (الشكل ١١٥ ، أ ، ب) بدون شد ، ويتم الانتقال الى الوشيعة التالية (الشكل ١١٥ ، ج) ومن ثم تنقل لفات الوشيعة الملفوفة المؤقتة (الشكل ١١٥ ، د ، هـ) وتزاح الوشيعة بكاملها الى المكان السابق ، وتشد اللفات حتى القياس القطرى المطلوب (الشكل ١١٥ ، و) . ويتم نقل لفات الوشيعة الملفوفة مؤقتا ، بلفة واجدة وبنفس التتابع المعاكس للـ : تنزع اولا اللفة العلوية وتوضع على لاطات الكرتون الكهربائى ، ثم تنزع اللفة التالية وتوضع على الأولى وهكذا . وعندما توضع اللفة (السفلية) الاخيرة فى اعلى الوشيعة الحاصلة بعد النقل ، تتركب عليها اربعة او ثمانية مثبتات خشبية على شكل Π (تبعا لقطر الملف) ، وذلك لوقاية اللف من التبعر عند الشد . ويزاح الملف بعد نقل اللفات الى المكان الدائم وبشكل متراص مع تساميك تحديد المسافة ، ثم يجرى الشد ، ويتم تراص اللفات فى الوشيعة اثناء عملية الشد ، بواسطة



الشكل ١١٥ - لف الوشيمة المؤقتة (لفة من سلك واحد) :

أ - تنفيذ الانتقال الخارجى للوشيمة الدائمة ولف اللفة الاولى للوشيمة المؤقتة ، ب - لف لفات الوشيمة المؤقتة ، ج - تنفيذ الانتقال بالنسبة للوشيمة المؤقتة ، د - نقل لفات الوشيمة المؤقتة ، هـ - انتهى نقل اللفات ، و - وشيمة مؤقتة مزودة بانتقال داخلى للف الوشيمة الدائمة

طرقات خفيفة بمطرقة خشبية فى الاتجاهين المحورى والقطرى ، ومن ثم يثبت طرف الملف برابط من شريط التفتا . وتزاح على اللاطات تساميك تحديد المسافة (التي تشكل القناة بين الوشيمتين الاولى والثانية) ويتم لف الوشيمة الثابتة الثانية مع الشد اللازم للسلك وحرص لفات الوشيمة . وعند انتهاء

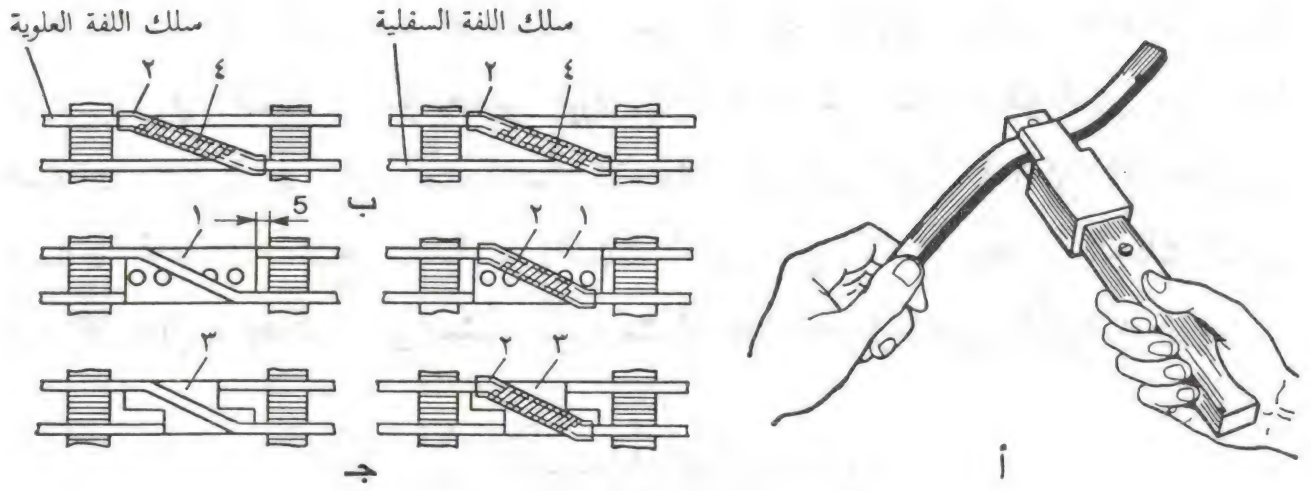


الشكل ١١٦ - نبيلة لتثبيت اللفات والوشائع ونهايات الملف :

أ - مقمط خشبي على شكل حرف Π من اجل وشائع الملف المتصل ولفات الملف الحلزوني ،
 ب - مقمط تثبيت لولبي على شكل حرف Π ، لتثبيت لفات وشائع الملف المتصل ، ج - مقمط
 سلسلي لتثبيت طرف الملف ، د - مقمط لولبي لتثبيت نهايات ملف الفلطيية المنخفضة ؛
 ١ - برغي ضاغط ، ٢ - قبضة ، ٣ - هيكل ، ٤ - نتوء ، ٥ - برغي ، ٦ - عارضة متأرجحة
 فيها ثقب مقلوظ ، ٧ - سلسلة صفيحية ، ٨ - صفيحة ضاغطة ، ٩ - نهاية اللفة السلكية ،
 ١٠ - قاعدة ، ١١ - صامولة ، ١٢ - كعب (ركيزة)

لف الوشيعة يوضع عليها مثبت خشبي بشكل Π (الشكل ١١٦ ، أ) او مشد
 تثبيت على شكل Π (الشكل ١١٦ ، ب) ، ويتم تعليم مكان الانتقال
 الى الوشيعة الثالثة التالية (الثالثة المؤقتة) ، وينفذ الانتقال ويستمر اللف .
 ويجب تنفيذ الانتقالات بعناية خاصة ، وذلك لانها تعتبر احد اخطر
 اقسام الملف فيما يتعلق بخرق العازل . وتثنى جميع الانتقالات بنبيلة ثنى
 (الشكل ١١٧ ، أ) بحيث لا تبرز في القناة المجاورة وبحيث يقع مركز
 الحنى في وسط المجالات الواقعة بين التساميك ، ويكون منطبقا على مركز
 المجال المغناطيسى . وتعزل الانتقالات بشكل اضافى كما هو مبين على
 الشكل ١١٧ ، ب ، ج . ويعزل الانتقال الداخلى دوما بتسميكة (او علبة) توضع
 على السلك من الاعلى ، أما الانتقال الخارجى فيعزل بتسميكة توضع من
 الاسفل .

وتلف الوشيعة الثالثة مثل الاولى ، حيث يزاح اولا العدد المطلوب من
 تساميك تحديد المسافة باحكام نحو الوشيعة الثانية ، وتوضع كل لفة فوق
 سابقتها ، وبعد وضع آخر لفة ينفذ الانتقال الداخلى الى الوشيعة الرابعة



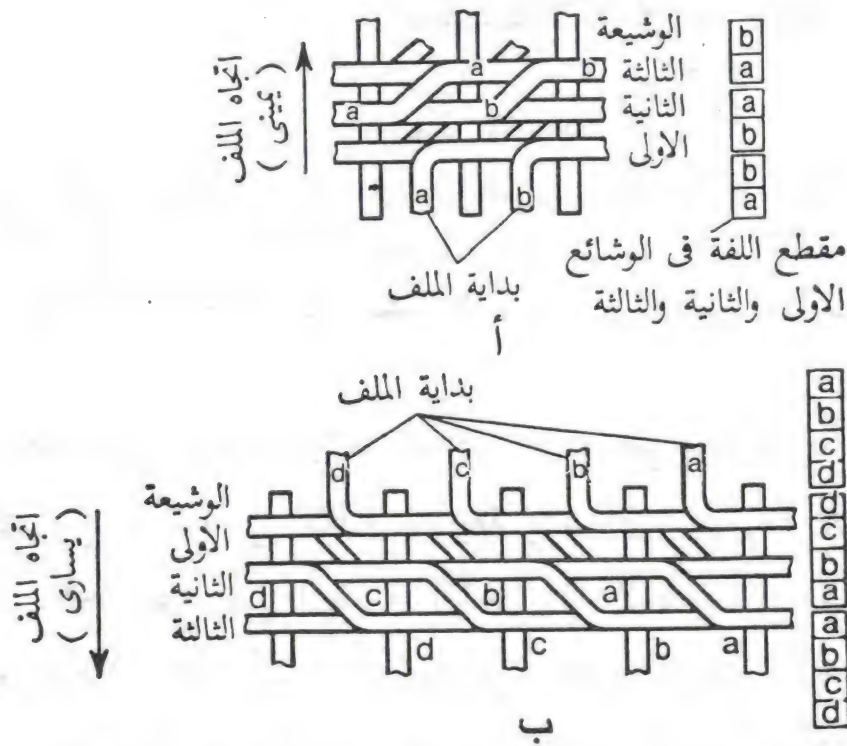
الشكل ١١٧ - تنفيذ الانتقالات :

أ- ثني السلك من اجل الانتقال ، ب- عزل الانتقالات الخارجية والداخلية بملب مشكلة ، ج- عزل الانتقالات الخارجية والداخلية بتساميك عازلة ؛ ١ - تسميكة بسيطة ، ٢ - علبه مشكلة ، ٣ - تسميكة تشكيلية ، ٤ - رباط من الشريط

(الثابتة) ، وينفذ نقل الوشيعه وشد اللفات كما هو مذكور اعلاه . وبعد وضع التساميك بين الوشيعتين الثالثة والرابعة يتم لف الوشيعه الثابتة الرابعة ، وينفذ الانتقال الخارجى من الوشيعه الرابعة الى الخامسة ، مع متابعة لف الوشائع التالية بتكرار الاساليب التكنولوجية للـف الوشائع المؤقتة والثابتة . تنفذ فى مثالنا هذا عملية لف جميع الوشائع الفردية بشكل وشائع مؤقتة مع انتقالات داخلية ، اما الوشائع الزوجية فتلف بشكل وشائع ثابتة مع انتقالات خارجية . واذا احتاج الامر الى وضع المآخذ الطرفية للملف من الداخل ، فان لف الوشائع الفردية يكون ثابتا ، اما لف الوشائع الزوجية فيكون مؤقتا . وعندما يكون عدد اللفات فى كل وشيعة صحيحا ، فان بداية الملف ونهايته وكذلك جميع الانتقالات تكون واقعة فى حقل واحد بين اللاطتين الأولى والاخيرة .

وفى تلك الحالات التى تكون فيها لفات الملف المتواصل ، لا تتألف من سلك واحد بل من عدة اسلاك متوازية ، فان عملية اللف تنفذ تماما مثل حالة السلك الواحد ، ما عدا تنظيم الانتقالات من وشيعة الى اخرى . ففى المثال السابق عندما درسنا الملف المؤلف من سلك واحد ، كان لدينا انتقال واحد فقط من وشيعة الى اخرى . اما فى حالة الملف المنفذ من عدة

اسلاك متوازية فان عدد الانتقالات بين الوشائع يكون مساويا لعدد الاسلاك المتوازية في الملف . وتنحصر ميزة الانتقالات في الملف الحاوي على عدة اسلاك متوازية في انه عند تنفيذ الانتقال يجرى تبديل اماكن الاسلاك : السلك العلوى يصبح سفليا ، والسلك الثانى من الاعلى يصبح السلك الثانى من الاسفل ، وهكذا . وكمثال على ذلك لناخذ ملفا مؤلفا من سلكين متوازيين ،



الشكل ١١٨ - الانتقالات بين وشائع الملف المتصل ، حيث يتم نقل موضع الاسلاك المتوازية :
أ - الملف مؤلف من سلكين ، ب - الملف مؤلف من اربعة اسلاك

كما هو مبين على الشكل ١١٨ ، أ . ففي الوشية الاولى كان السلك b في الاعلى ، اما السلك a فكان في الاسفل . وبعد الانتقال الى الوشية الثانية فقد تبادلت اماكن السلكين : اصبح السلك a علويا ، والسلك b سفليا . وعند الانتقال من الوشية الثانية الى الثالثة تتبدل مجددا اماكن الاسلاك : السلك b يصبح علويا ، والسلك a سفليا وهكذا . ونحصل على صورة مشابهة اذا كان عدد الاسلاك المتوازية اكبر ، ولناخذ كمثال على ذلك ملفا فيه اربعة اسلاك (الشكل ١١٨ ، ب) . فالسلك a الواقع في اعلى الوشية الاولى ، اصبح في اسفل الوشية الثانية ، والسلك b في الوشية الاولى كانت مرتبته الثانية من الاعلى ، واصبح في المرتبة الثالثة من الاعلى في الوشية الثانية ،

والسلك c فى الوشيلة الاولى كانت مرتبته الثالثة من الاعلى ، واصبح فى الوشيلة الثانية فى المرتبة الثانية من الاعلى ، واخيرا السلك d فى الوشيلة الاولى كان سفليا ، وفى الوشيلة الثانية اصبح علويا . وينفذ هذا التغيير لموقع الاسلاك ، وذلك لكى يكون طول جميع الاسلاك المتوازية واحدا ، ولكى تكون جميعها تقريبا فى وضع متشابه بالنسبة للمجال المغناطيسى للتشتت .

البند ٤٠ - لف الملف الحلزونى الاحادى الباب

يتألف الملف الحلزونى من عدة لفات تلف بخط حلزونى بينها اقنية من الزيت .

وتبعا لعدد الاسلاك المتوازية وعدد اللفات ، فان الملف الحلزونى يمكن ان ينفذ بباب واحد (انظر الشكل ١٠ ، هـ) او بعدة ابواب ، اى يتألف من ملفين حلزوين منفصلين وأكثر ، يلف احدهما فى الآخر اثناء عملية اللف .

ان القناة الرأسية على طول السطح الداخلى للملف الحلزونى ، والاقنية بين لفاته ، تتشكل بنفس اللاطات والتساميك التى استخدمت فى الملفات المتواصلة . ويمكن ان يكون لف الملف الحلزونى يمينيا او يساريا .

وان العملية التكنولوجية للف الملف الحلزونى الاحادى الباب الحاوى على انتقالات جماعية او عامة (الشكل ١١٩ ، أ و ب) هى متشابهة بالنسبة لجميع انواع محولات القدرة ، ونبدأ بلف الملف من ادخال جميع الاسلاك فى تجهيزة الشد ، وفيما بعد نزيح التساميك المحددة للمسافة الى الجهة اليسرى او اليمنى على طاقم اللاطات المركب (تبعا لاتجاه اللف) ، ثم نثبت طرفى الملف على الشابلونة ونبدأ باللف . وخلال الدورة الواحدة لعمود المكنة تلف لفة واحدة متعددة الاسلاك المتوازية ، وتعمل المكنة عندئذ بدورات قليلة العدد (٨ - ١٦ دورة/دقيقة) ، ويتناوب لف اللفات مع تركيب التساميك . ولاحداث السطح الاستنادى للملف يوضع عدد مختلف من التساميك على كل لاطة ، بين السطح الحلزونى للفة الاخيرة والحلقة الاستنادية .

ولاستقرار التساميك فانها تثبت بقطاعات هلالية مكبوسة من الكرتون الكهربائي ، ومزودة ببروزات اسفينية لتثبيتها على اللاطات .

بعد تنفيذ اللفة الاولى تراح نحوها التساميك التي تشكل القناة بين اللفتين الاولى والثانية ، ومن ثم تلف اللفة الثانية بخطوة تساوى سماكة السلك مضافا اليها القناة بين اللفتين . وبعد اللفة الثانية توضع بشكل متناظر على الدائرة ٣ - ٤ اربطة مشتركة من شريط الكيبر على كلا اللفتين ، وتستمر عملية تحضير الملف ، بفصل اللفات بالتساميك . وينفذ لف $\frac{1}{4}$ اللفات قبل بداية الانتقال الاول .

وبعد تعليم مركز الانتقال الجماعي الاول تثبت اللفة الملفوفة الاخيرة في الملف بواسطة ممسك ، وتفصل جميع الاسلاك الى مجموعتين : عدد اسلاكهما واحد اذا كان عدد الاسلاك في اللفة زوجيا ، ويكون العدد مختلفا اذا كان عدد الاسلاك فرديا (في احدى المجموعتين يوجد سلك واحد زيادة عن المجموعة الثانية) . وتبادل هاتان المجموعتان (الشكل ١١٩ ، ب) بعد نقلهما في مجالين مجاورين لمركز الانتقال ، ففي احد المجالين تنفذ انتقالات الاسلاك لمجموعة واحدة ، وبعد مجال واحد تنفذ انتقالات الاسلاك للمجموعة الثانية . ويشنى كل سلك من المجموعة العلوية بشكل منفصل بمساعدة النسيطة المبينة على الشكل ١١٧ ، أ ، ومن ثم توضع بشكل رزمة جميع الاسلاك وتربط بشريط من التفتا مع تغطية نصفية ، وتوضع بجوار اللفات . ومنعا لقصر الدائرة بين الاسلاك المتجاورة للمجموعتين الاولى والثانية قبل تنفيذ الانتقال وبعده ، يوضع بين المجموعتين شريط من الكرتون الكهربائي ، وتوضع بشكل اضافي على الاجزاء المحنية من اللفة تساميك ذات حواف ، من الكرتون الكهربائي .

وينفذ الانتقال الانسيابي للأسلاك بمساعدة اسافين من الكرتون الكهربائي ، توضع تحت الاسلاك في مكان الانتقال ٢_١ و ٢_٢ (انظر الشكل ١١٩ ، ب) . وتقوم الاسافين بتسوية القياس القطري للفت في منطقة الانتقال ، وتوضع عليها مجموعتا الاسلاك الجارى نقلها . وبعد تنفيذ الانتقال ، تكون مجموعتا الاسلاك قد تبادل مكاناهما : أصبحت

المجموعة العلوية سفلية ، والمجموعة السفلية اصبحت علوية ، كما لو انه جرى انفصال اللفة الى اثنتين في منطقة الانتقال ، ومن ثم اعادتهما الى لفة واحدة ، وعلى حساب ذلك تكبر القناة . ولذا فانه عند تنفيذ الانتقال يعار اهتمام كبير لصحة تنفيذ القناة .

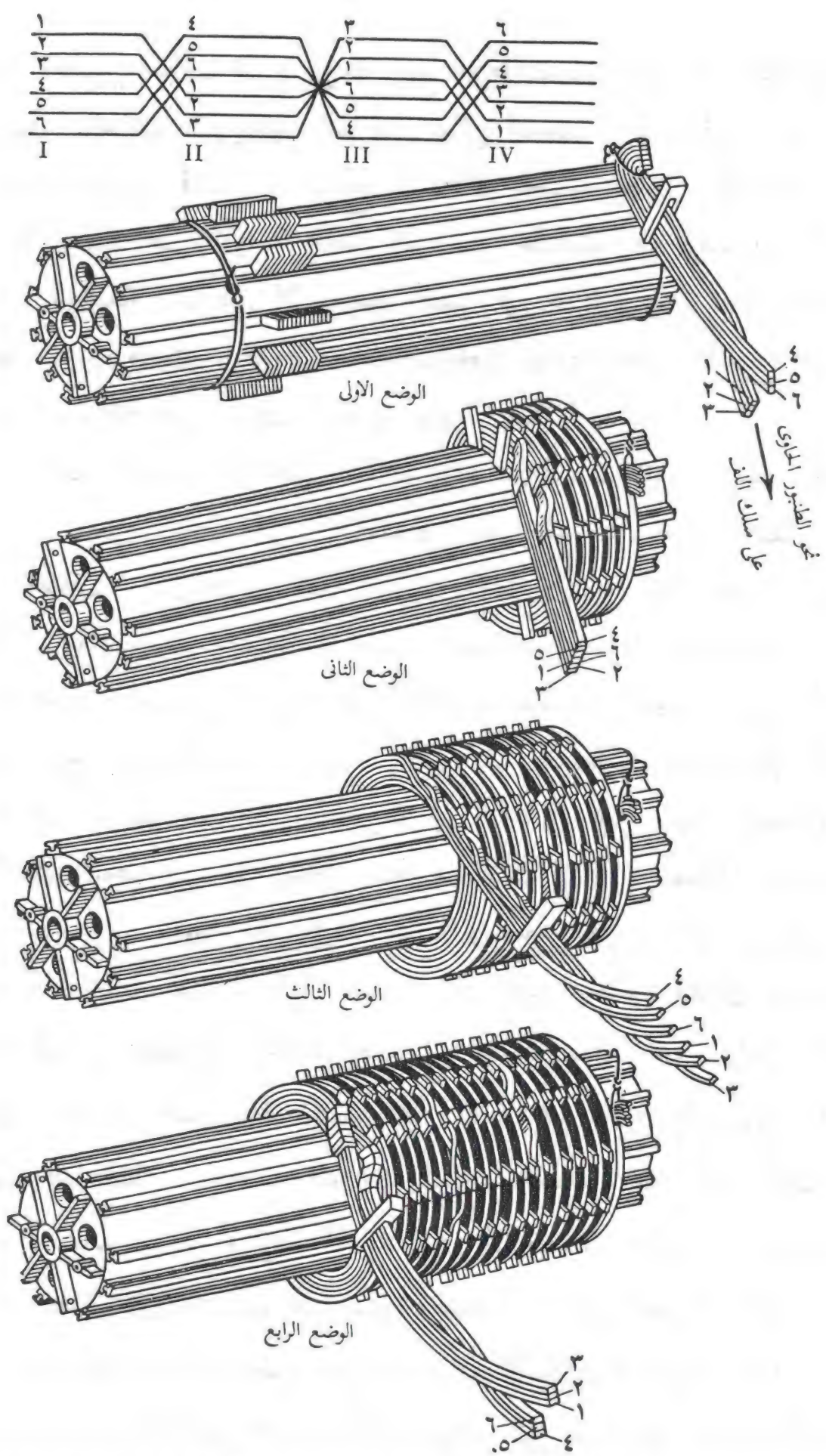
ومن ثم نتابع لف اللفات حتى نصف الملف وننفذ الانتقال العام . ويجب ان تكون بداية الملف ونهايته متناظرتين بالنسبة لوسطه (انظر الشكل ١١٩ ، أ) . فلكي نقوم بتنفيذ الانتقال العام في المجال المبين على منشور الملف يجرى تعليم مكان الانتقال على السلك الاول (العلوى) وتثبت اللفة بممسك ، ويصنع اسفينان من شرائط الكرتون الكهربائي بحيث يجب ان يكون ارتفاع الاسفين اقل من البعد القطري لللفة بمقدار سلك واحد ، اما طوله فيحدد بطول قسم الدائرة الذي تشغله جميع انتقالات اسلاك اللفة .

بعد حنى السلك العلوى على هيئة انتقال ، انه يعزل ويوضع بجوار اللفة على القسم العريض للاسفين الاول ، اما الاسفين الثانى فيوضع جزؤه الضيق تحت الاسلاك الباقية فى اللفة . وبهذه الطريقة فان الاسلاك المتوازية فى المجال الاول تكون قد تفرعت الى مجموعتين (الشكل ١١٩ ، أ) . وفى المجال التالى يجرى حنى الانتقال وعزله ، ومن ثم يوضع السلك الثانى على الاول . وفى كل مجال يتم ثنى اسلاك اللفة على التوالى فتوضع هذه الاسلاك بجوار تلك منها التى نقلت سابقا . وبعد تنفيذ الانتقال العام يكون كل سلك فى اللفة قد غير موضعه .

ونستمر فى عملية اللف حيث نقوم بلف $\frac{3}{4}$ لفات الملف قبل بداية الانتقال الجماعى الثانى ، الذى ينفذ بشكل مشابه للانتقال الاول ، اى ان مجموعتى الاسلاك سوف تبدلان موضعيهما مجددا .

وبعد الانتهاء من تنفيذ كل الانتقالات الثلاثة سوف تقع الاسلاك فى ترتيب عكسى بالمقارنة مع وضعها الاولى . وخلال عملية لف آخر لفة فى الملف ، يسوى السطح الحلزوني بكمية مختلفة من التساميك توضع على كل لاطة .

ويبين الشكل ١٢٠ تجهيز المأخذ الاولى للملف ، وموقع الاسلاك (١-٦) اثناء اللف مع تنفيذ الانتقالات .



الشكل ١٢٠ - توزيع اسلاك اللف عند لف الملف الحلزوني الاحادي الباب ، مع تغيير المواضع التجميعي والعام :

- I - الوضع الاول وثني اسلاك اللف (بداية اللف) ، II - بعد التغيير التجميعي للمواضع ،
 III - بعد التغيير العام للمواضع ، IV - بعد التغيير التجميعي الثاني للمواضع

بعد تحضير الملف تنزع نبيطة وضع اللاطات ، وتثبت آخر لفة بمقمت
وتقص نهايتا السلك ، ويجهز المأخذ النهائي للملف . فبعد ثنى كل سلك
(على حدة) بزاوية قائمة ، توضع الاسلاك بحيث يكون بالامكان تأمين
اخراج الاطراف عبر ثقب خاصة او عبر حفرات موجودة فى الحلقة
الاستنادية للوشيعه . ولكى لا يحصل قصر فى الدائرة بين بعض الاسلاك
فانها تعزل بورق مقوى (كريبى مجعد) . وتعزل نهاية الملف بالنسيج المشرب
باللك او باشرطة من الورق المقوى وتثبت بين لاطتين .

اذا كان الملف الاحادى الباب ينفذ بانتقالات بيود (انظر الشكل
١١٩ ، ج و د) ، فان نشر الاسلاك قبل لف الملف واجراء الانتقال ينفذ
بشكل مختلف . ويجرى لف الملف كما ذكر سابقا بحيث يتناوب
لف اللفات مع وضع تسميكات تحديد المسافة (حشوات التباعد) . وعند
تنفيذ الانتقال الجماعى تثبت اللفة الاخيرة بمقمت وتقسم جميع أسلاك
اللفة الى اربع مجموعات ، وتبدل اماكنها طبق المخطط المبين على الشكل
١١٩ ، ج . ويتم نقل كل مجموعة من الاسلاك عبر مجال واحد ، لذا
فان الانتقال الجماعى كله يشغل سبعة مجالات . وفى المجال الاول ثنى
اسلاك المجموعة الاولى على هيئة انتقال وتوضع بجوار اللفة . وعلى هذا
النوال ، فان اللفة كما لو انها انقسمت الى لفتين بقياس قطرى مختلف .
ولتسوية القياس القطرى للوشيعه توضع ثم تربط اسافين من شرائط الكرتون
الكهربائى تحت المجموعة الاولى (فى اللفة الجديدة) والمجموعة الرابعة
(فى اللفة المتبقية) ، بحيث انه عند المجال السابع بعد بداية الانتقال ،
تكون المجموعة الرابعة مرفوعة الى مستوى المجموعة العلوية ، والمجموعة
الاولى مخفضة الى مستوى المجموعة السفلية . وفى المجال الثالث ثنى
اسلاك المجموعة الثانية وتوضع على مجموعة الاسلاك المنقولة سابقا . وثنى
اسلاك المجموعة الثالثة فى المجال الرابع وتوضع على المجموعة الثانية للأسلاك .
وفى المجال السادس ثنى المجموعة الرابعة والاخيرة (السفلية فى السابق) ،
وتوضع فوق المجموعة الثالثة .

يبدو من الشكل ١١٩ ، ج انه عند الانتقال الجماعي تبدلت اماكن الاسلاك فى اربع مجموعات : يكون وسط الانتقال هو المجال الواقع عند ربع ارتفاع الملف وتقع بشكل متناظر بالنسبة اليه انتقالات المجموعات الاولى والثانية والثالثة والرابعة . وتعزل اماكن الانتقال لجميع المجموعات ، فتوضع تحت المجموعات المتوسطة المنقولة اشربة بسماكة ٢ مم وبعرض يساوى لمجموع البعدين المحوريين للسلك والاقنية الموجودة بينها ، وبطول اقل ب ١٠ مم من طول المجال ، ويوضع تحت المجموعتين المنقولتين الاولى والاخيرة (على القسم غير المحنى من اللفة) شريط وتساميك مفلطحة الاطراف من الكرتون الكهربائى بسماكة ١ مم وبطول يقل ب ١٠ مم عن طول المجال ، وبارتفاع ١٠ مم ، ثم تحزم هذه الاماكن بشريط من الكبير . وبعد ذلك يستمر لف اللفات فى الملف حتى بداية الانتقال العام (تغيير المواضع) . ولتنفيذ الانتقال العام تقسم جميع الاسلاك فى اللفة الى مجموعتين ، ومن ثم يجرى تغيير مواضع الاسلاك لكل مجموعة بالنسبة لوسطها ، اى ان اسلاك المجموعة العلوية تغير مواضعها بالنسبة لوسط هذه المجموعة . ونتيجة لذلك تشغل الاسلاك الطرفية بعد الانتقال اماكن الاسلاك المتوسطة ، والاسلاك المتوسطة تشغل اماكن الاسلاك الطرفية (فى المجموعة ذاتها) كما هو مبين فى الشكل ١١٩ ، د ، ويشنى سلكان فى كل حقل (سلك واحد من كل مجموعة) . يشغل الانتقال عددا من المجالات يساوى لعدد الاسلاك المتوازية فى اللفة مضافا اليه الحقل الواقع فى وسط مكان الانتقال . ويبدأ تنفيذ التغيير العام للمواقع من ثنى الانتقالات على السلك الاول العلوى (١) والسلك الاخير السفلى (٢٠) . يوضع اسفين من الكرتون الكهربائى بين السلكين المشنيين ١ و ٢٠ . كما هو مبين على الشكل ١١٩ د ، بحيث يقع هذان السلكان احدهما بجوار الاخر عند نهاية الانتقال ، فى وسط اللفة المنقولة . ويوضع الاسفين الثانى المماثل بين اسلاك اللفة المنقولة (السلك السفلى ١٠ للنصف العلوى والسلك العلوى للنصف السفلى) . ويشنى السلك الثانى وما قبل الاخير فى المجال الثانى ويوضع على السلك الاول وتحت الاخير وهلم جرا . وهكذا يتم ثنى ونقل جميع الاسلاك حتى انتهاء عملية تغيير المواضع

(الانتقال) . وفي المثال المدروس عندما يكون العدد الكلي للاسلاك المتوازية ٢٠ ، فان الانتقال يشغل ١١ مجالا .

يستمر لف الملف حتى الانتقال الجماعي الثاني ، ومنعا لتشابك الاسلاك مع بعضها اثناء تنفيذ التغيير الجماعي للمواضع ، تثنى الانتقالات نحو جهة القسم الملفوف من الملف . ولذا ، فعند تنفيذ اللفة الاخيرة يتم تكبير القناة بشكل انسيابي قبل القيام بالانتقال ، الى القيمة المساوية لمجموع عرض السلك مع قناتين . وبعد انتهاء الانتقال يتم انقاص عرض القناة بشكل نسبي الى بعد القناة التالية بعد الانتقال . ويحافظ على عدد ثابت للتساميك في القناتين المتسعة والمتضيقية . وبعد انتهاء الانتقال وتغيير المواضع يستمر لف الملف الى نهايته حسب المخطط .

وتعتبر المرحلة الختامية التي تنفذ على مكنة اللف ، هي تزويد الملف بلاطات خارجية ، وبعد ذلك تسوى اعمدة التساميك وتفحص ابعاد الملف ، ويتم التأكد من انعدام العيوب في الاجزاء العازلة والاجزاء التصميمية للملف . غالبا ما تستخدم الانتقالات الموزعة بانتظام (انتقال خوبارت) في الملفات الحلزونية الثنائية الابواب ، وعندئذ يكون عدد تبديلات الاسلاك في الملف مساويا لعدد الاسلاك المتوازية .

تستخدم في السنوات الاخيرة بشكل واسع نواقل خاصة تم تغيير اماكن الاسلاك فيها ، في لف الملفات الحلزونية للمحولات والمحولات الذاتية ذات القدرة الكبيرة . وبالمقارنة مع اسلاك اللف العادية فانها تسهل عمل لف الملفات الحلزونية ، وذلك لانه لا يحتاج الامر الى تغيير مواضع الاسلاك الامر الذي يحتاج عادة الى تعقيد شديد وتبطين عملية اللف .

واذا كان عدد اللفات كبيرا وسلك اللف رقيقا ، فتستخدم احيانا طريقة اللف الحلزوني التي يفصل فيها كل زوج من اللفات المتجاورة بفلكات او تساميك سماكتها ٠,٥ - ١ مم ، اما الاقنية الباقية فتنفذ بطاقم من التساميك سماكتها ٢ - ٤ مم . ويسمى مثل هذا الملف بالملف النصف حلزوني .

البند ٤١ - تفریعات مأخذ الملفات

تصلح التفریعات للتوصیل الکهربائی للملفات مع المداخل ومفاتیح التحویل و غیرها من الاجزاء الناقلة للتيار فی المحول .

وتستخدم فی التفریعات اسلاك عارية (غير معزولة) ومعزولة من النحاس والالومنيوم ذات مقطع دائري او قضبان مستطيلة المقطع .

تستخدم الاسلاك الالومينية والنحاسية الدائرية المقطع بدون عوازل بصفة تفریعات فی المحولات ذات القدرات غير الكبيرة ، والتي تصل فلطيتها حتى ١٠٠٠ فولط . وتستخدم التفریعات المصنوعة من الاسلاك الدائرية المقطع من الالومنيوم والنحاس ، والمزودة بعازل ورقي ، فی المحولات التي تعادل فلطيتها ٦ ، ١٠ ، ٣٥ كيلوفولط .

وتستخدم الاسلاك الدائرية المقطع من الالومنيوم والنحاس ، مع العازل الورقي ، عندما يكون قطر التفریعة اقل من ٥,٢ مم . اما اذا ازداد القطر عن ذلك فان التفریعة تنفذ بدون عازل او بعازل على شكل انبوبة بيكاليتية تلبس على السلك بكامل طوله .

ان استخدام التفریعات المنفذة بسلك معزول يسمح بالانقاص الشديد لمسافات العزل بين التفریعات ، وكذلك بين التفریعات والاجزاء الاخرى للمحول .

وتنفذ تفریعات ملفات الفلطة المنخفضة للمحولات التي تزيد قدرتها عن ١٠٠٠ كيلوفولط أمبير ، وكذلك ملفات الفلطة العالية للمحولات ذات القدرة الأكبر (٦٣٠٠ كيلوفولط أمبير وأكثر) ، من القضبان النحاسية ، وبشكل اندر من القضبان الالومينية . ومن المناسب استخدام القضبان المستطيلة من النحاس والالومنيوم عندما يكون المقطع العرضي الحسابي ٤٠٠ مم^٢ وأكثر .

تتمتع القضبان المستطيلة بعدة ميزات بالمقارنة مع الاسلاك الدائرية المقطع : سطح التبريد فی القضبان أكبر من السلك الدائري المتساوي فی المقطع مع القضيب ، وتكون القضبان أكثر ملاءمة لتوصیل اطراف الملفات معها ولتوصیل المعدلات .

تكون عادة ، تفريعات الملفات الواردة للاصلاح ، غير معطوبة او يكون عازلها معطوبا بشكل جزئى .

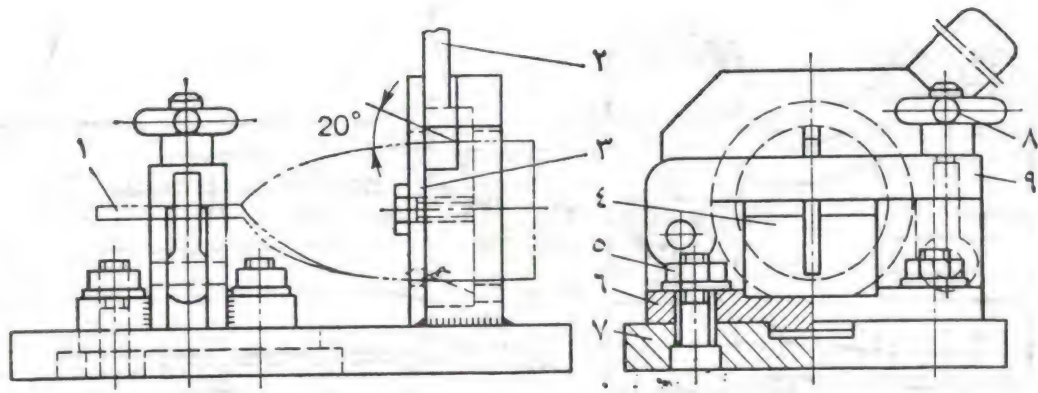
ومن النادر جدا احتراق التفريعات وانصهارها . ويتم اصلاح التفريعات ذات العازل التالف عن طريق استعادة العازل . ولهذا الغرض ينظف السلك (القضيب) من العازل القديم ، ومن ثم يغطى بعازل جديد يعادل من حيث النوعية وكمية الطبقات وطريقة الوضع ، الى العازل الذى وضع فى المصنع . عند ظهور الحاجة لتصنيع وتركيب التفريعات الجديدة ، تنفذ المراحل الاساسية التالية : تحضير الاغفال ، اللحام بالمونة ، اللحام ، تركيب التفريعات وتثبيتها .

ينفذ غفل التفرعة الجديدة حسب نموذج التفريعات غير المعطوبة (او حسب المخطط) ، مع استخدام المواد التى صنعت منها التفرعة المعطوبة ، مع مراعاة ابعادها وتصميمها .

يجرى تقويم غفل التفرعة ، ويتم فحص ابعادها وتعليم اقسام الشئ . وينصح بالتسخين المسبق لاماكن الشئ بلهب مشعل اللحام او بلهب وابور اللحام ، اذا كان مقطع التفرعة ٣٥ مم^٢ واكبر ، وهذا يسمح بتجنب ظهور التشققات الصغيرة على السطح الخارجى لمكان الشئ .

ويشئ الغفل المصنوع من السلك الدائرى الذى يقل مقطعه عن ١٢٠ مم^٢ فى الملازم ، اما القضبان النحاسية والالومنيومية فتشئ على مكناات خاصة . واذا احتاج الامر لقتل القضيب بمقدار ٥٩٠° ، فان هذه العملية تنفذ بمساعدة النبيلة البسيطة (الشكل ١٢١) المزودة بطاقم من اللقم اللولبية والذكور اللولبية ، للقضبان ذات القياس الذى يتراوح من ٢٥×٤.٤ الى ٦٠×٥ مم .

توضع اللقم اللولبية ٤ فى الطوق ٦ ، ومن ثم تفتح الصفيحة ٩ ، ويتم ادخال احد طرفى القضيب ١ فى الشق الافقى لمفتاح الى ٢ ، ويوضع الطرف الآخر للقضيب بشكل حر على الصفيحة ، وتثبت الصفيحة فى الوضع العامل بالصامولة التشكيلية ٨ . وبتدوير قبضة مفتاح الى ٢ نحوك حتى تستند يتم الى القضيب بمقدار ٩٠° .



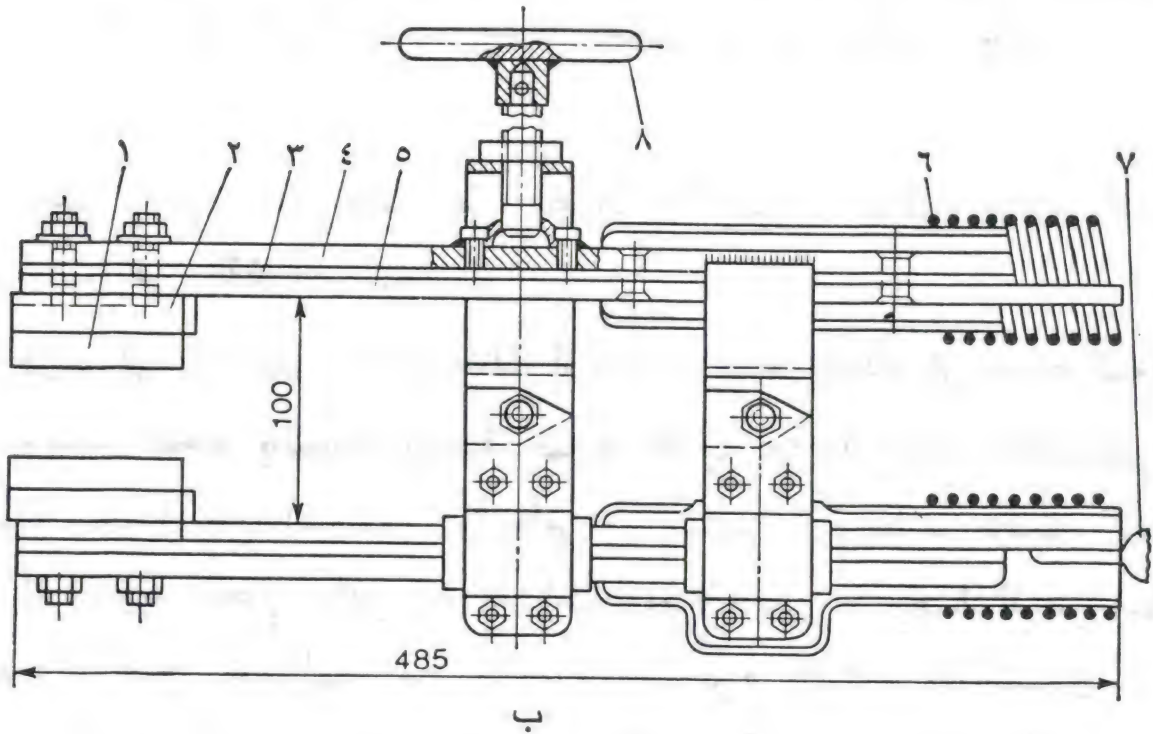
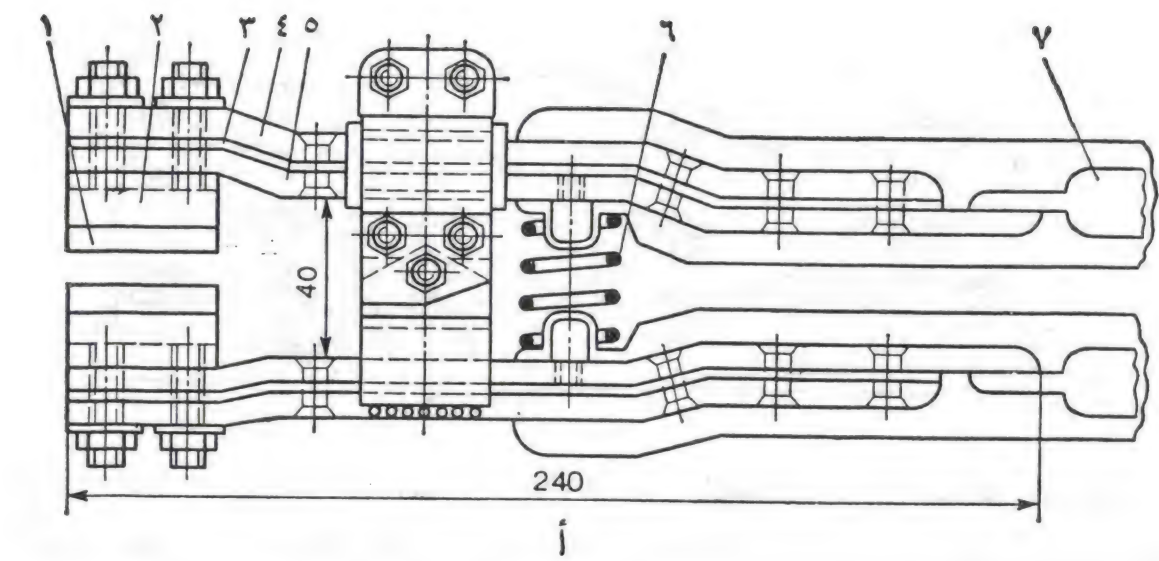
الشكل ١٢١ - نبيطة الى بمقدار ٩٠° للأغفال المصنوعة من القضبان النحاسية :
 ١ - قضيب نحاسي ، ٢ - مفتاح الى ، ٣ - شفة ، ٤ - لقمة لولبية ، ٥ - لولب ، ٦ - طوق ،
 ٧ - جسم النبيطة ، ٨ - صامولة تشكيلية ، ٩ - صفيحة فولاذية

ويتم تصنيع التفريعات من قضبان الالومنيوم بشكل مشابه لتصنيع التفريعات من القضبان النحاسية .

ويتم توصيل التفريعة الى سلك الملف بواسطة اللحام او لحام المونة .
 وينفذ اللحام بالمونة بواسطة المونة الطرية من الرصاص والقصدير او بالمونة القاسية من الفوسفور والنحاس . وتلحم التفريعات بالمونة الطرية بواسطة كاوية اللحام الكهربائية مع استخدام الصهور ، ولهذا الغرض ينظف السطحان المراد توصيلهما من الاوساخ والشحوم والغشاء الأكسيدي . اما اللحام بالمونة القاسية فينفذ بمساعدة الملاقط الكهربائية النقالة للحام المونة (الشكل ١٢٢) .

توصل بالملاقط الصغيرة (الشكل ١٢٢ ، أ) بلحام المونة اسلاك النحاس الدائرية المقطع والتي يصل قطرها حتى ٦ مم ، وتوصل بالملاقط الكبيرة (الشكل ١٢٢ ، ب) القضبان النحاسية التي يعادل قياسها ٦×٤٠ مم وأكثر . وتتغذى المقصات الكهربائية من محول خاص ماركة OC أو OCY .

يعتبر اللحام البارد احدى أكثر الطرق تكنولوجية وانتشارا عند اصلاح وتصنيع الملفات ، لتوصيل الاسلاك النحاسية والالومنيومية ذات المقطع الدائري او المستطيل . وتستخدم هذه الطريقة في اللحام لوصل التفريعات



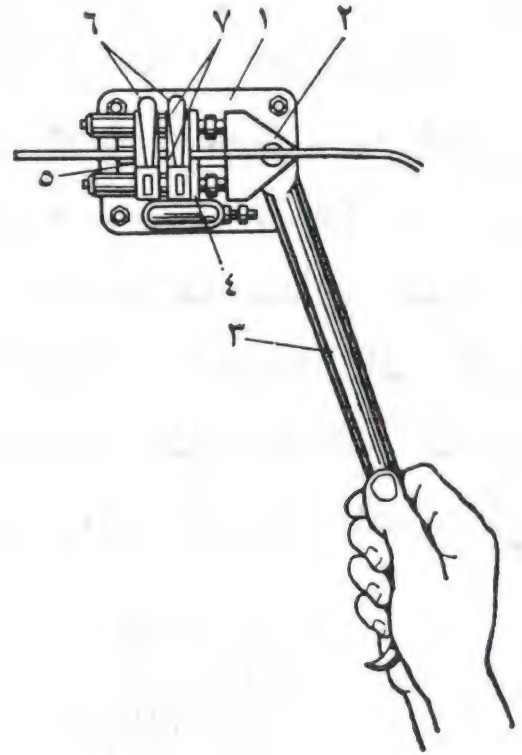
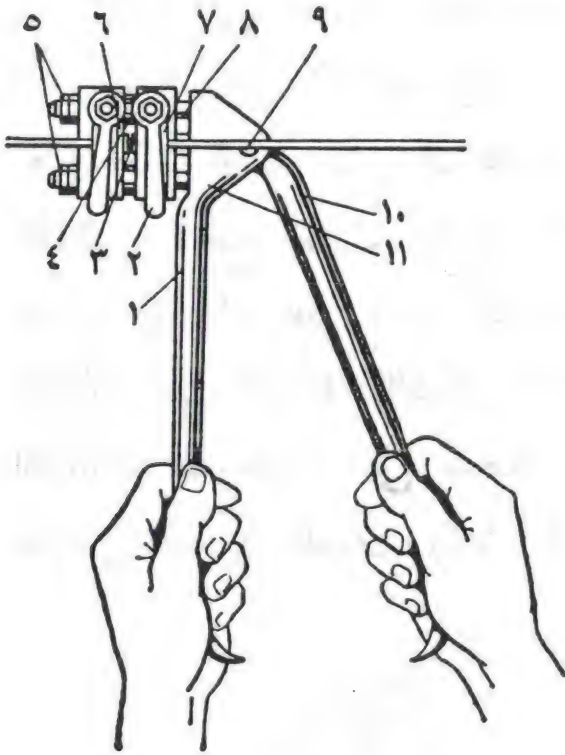
الشكل ١٢٢ - ملاقط من اجل لحام المونة :

أ - صغيرة ، ب - كبيرة ؛ ١ - فحم مضغوط ΘT ، ٢ - حامل الفحم ، ٣ - تسميكة من الاسيستوس ، ٤ - شريحة فولاذية ، ٥ - شريحة نحاسية ، ٦ - نابض ، ٧ - كابل ، ٨ - ممسك بلولب

مع اسلاك اللحام عندما يكون كلاهما من الالومنيوم او النحاس ، او احدهما من الالومنيوم والآخر من النحاس .
يعتمد اللحام البارد على ظهور قوى الترابط ما بين الذرات لقطعتي المعدن عند تقريبهما لبعضهما البعض تحت تأثير جهد كبير .
وتوصل المعادن بطريقة اللحام البارد اما بالتناكب او بالتراكب .

وينفذ اللحام البارد للأسلاك النحاسية والالومينيومية التي يصل مقطعها حتى ١٠ مم ٢ بمساعدة مكينات اللحام المركبة على الطاولة (الشكل ١٢٣) او بواسطة الملاقط (الشكل ١٢٤) ، وينفذ لحام الاسلاك ذات المقطع الكبير (حتى ١٥٠ مم ٢) في الممكنة من طراز MCXC-35 ، المزودة بجهاز تحريك هيدرولى للضغط على المادة ورضها .

تلبس التفريعات الخطية للمحولات بأنابيب من الورق البيكاليتي وتثبت في الصفائح الخيزرانية . وتعزل التفريعات في اماكن الثبيت بشكل اضافي بعدة طبقات من الكرتون الكهربائى بسماكة ٠,٥ مم .



الشكل ١٢٤ - ملاقط يدوية للحام KC-6 :
 ١ - مقبض ثابت يسارى ، ٢ - مقبض
 الشد ، ٣ - لقمة لولبية قابلة للتركيب ،
 ٤ - نابض الارجاع ، ٥ - صوامل
 التعبير ، ٦ - مقمط ثابت ، ٧ - مقمط
 متحرك ، ٨ - ذراع ، ٩ - محور المقبض
 الدوار ، ١٠ - المقبض الدوار الايمن ،
 ١١ - جسم الملاقط

الشكل ١٢٣ - مكينة لحام توضع على طاولة
 :CHC-3

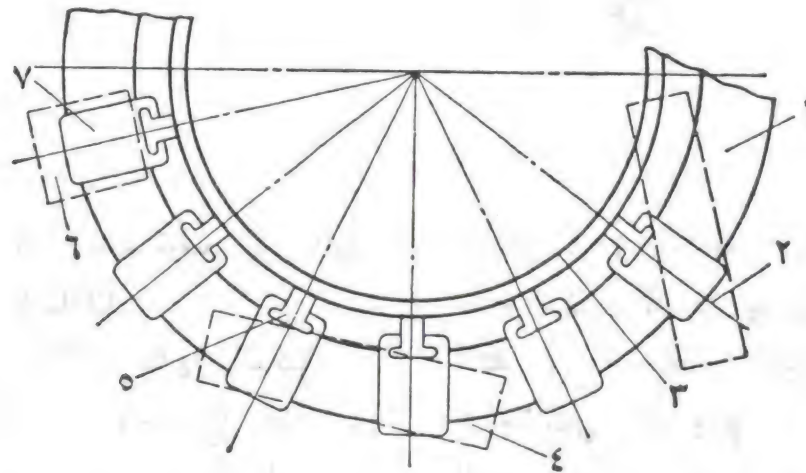
١ - البلاطة التي تتركب عليها المكينة ،
 ٢ - هيكل المكينة ، ٣ - ذراع الشد ،
 ٤ - مقمط متحرك ، ٥ - مقمط ثابت ،
 ٦ - قبضة شد السلك ، ٧ - اذرع التوجيه

البند ٤٢ - شد الملفات وكبسها

يسمح شد الملفات وكبسها بالخصول على الابعاد الهندسية المطلوبة ، ويساهم في رفع المتانة الميكانيكية للملفات ، ويسهل تركيبها عند القيام باصلاح المحولات .

يجرى اختيار بلاطات الكبس وصبالم الشد طبقا لكتلة الملف المطلوب شده ولقطره وارتفاعه . ويجب ان يكون القطر الخارجى لبلاطات الكبس أكبر من القطر الخارجى للملف بمقدار ٨٠ - ١٠٠ مم ، كما يجب ان يكون القطر الداخلى للبلاطة السفلية أقل وللبلاطة العلوية أكبر من قطر الاسطوانة البيكالييتية بمقدار ١٠ - ٢٠ مم .

توضع في ثقب البلاطة السفلية بشكل منتظم على الدائرة ، صبالم الشد مع الصوامل المثبتة عليها ، وتوضع البلاطة السفلية على الفسحة الافقية ، وهى مكان العمل لشد الملفات . وعند شد ملفات المحولات من القياس الثالث ، توضع تحت البلاطة السفلية صفائح خشبية بسماكة ٤٥ - ٥٠ مم تتوزع بانتظام على دائرة البلاطة . وتوضع على البلاطة صفائح خشبية ٥ بانتظام على الدائرة (الشكل ١٢٥) وقياسها واحد ، وعددها يوافق كمية اللاطات الموجودة على محيط الملف . ويساوى طول الصفائح الخشبية للقياس القطرى للملف زائد ٨٠ - ١٠٠ مم . وفى بعض الحالات يمكن



الشكل ١٢٥ - توزيع الاجزاء عند التحضير لشد الملفات وتكبيسها :
١ - ملف ، ٢ و ٤ و ٥ - عوارض خشبية ، ٣ - اسطوانة من الورق البيكالييتى ، ٦ - لاطة
من الكرتون الكهربائى ، ٧ - تسميكة مبادعة

ان تركيب الصفائح الخشبية مقابل ثلاثة الى اربعة اعمدة من التساميك مع الازاحة بزاوية من اجل تثبيت وضع الاسطوانة البيكاليكية ٣ . ولكبس الملفات المزودة بعوازل طرفية (حلقات استنادية) ، يمكن تركيب صفائح خشبية ٤ تغطي لاطتين .

تقص اطراف اللاطات الاستنادية في القسم السفلى للملفات حتى تتساوى مع الاسطوانة ، ويركب الملف بحيث تقع الصفائح الخشبية تحت عمود التساميك وتبرز من الطرفين بمقدار ٤٠ - ٥٠ مم .

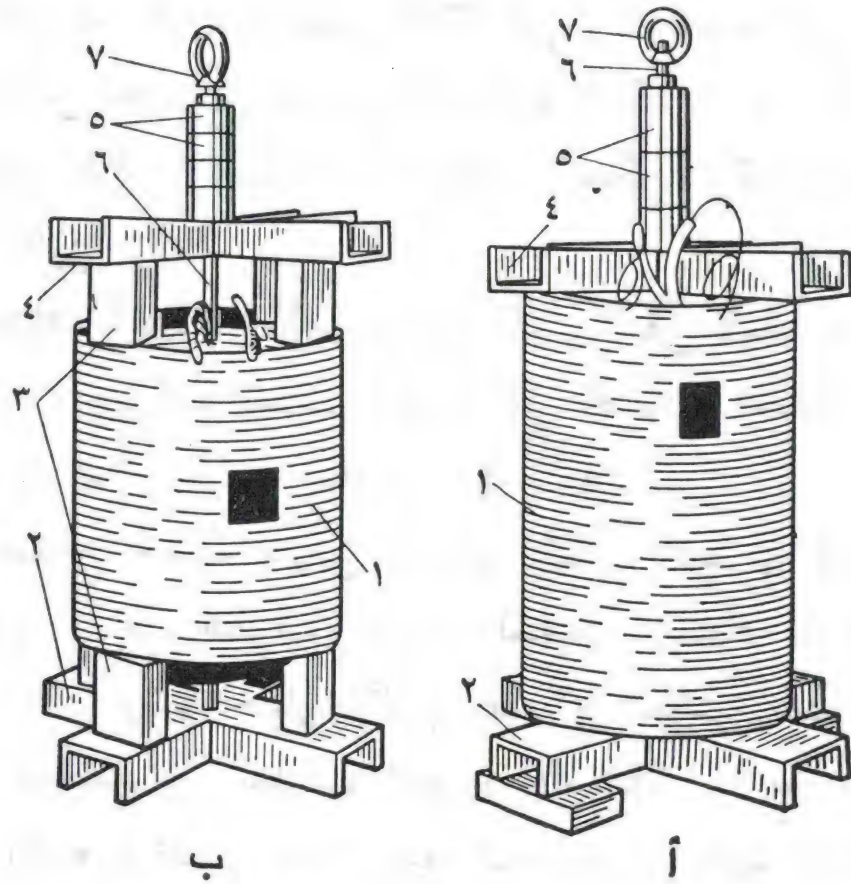
توضع صفائح خشبية بعرض يساوى للقياس القطرى للملف بسماكة ٣٠ - ٤٥ مم ، على الطرف العلوى لحلقة الاستناد مقابل كل لاطة لتحديد المسافة . ويتم اختيار ارتفاع الصفائح الخشبية بحيث ان البلاطة الضاغطة لا تصطدم في الطرف العلوى للاسطوانة او مع طرف الملف أو اللاطات (الاخيرة تقص عند تجميع المحول) بعد انتهاء الكبس ، ولكن يجب ان لا يقل هذا الارتفاع عن ١٠٠ مم .

توضع على الصفائح الخشبية الصفيحة الضاغطة العلوية الفولاذية ، وتمرر صبالم الشد عبر ثقب موجودة في البلاطة العلوية ، تركيب عليها جلب تحديد المسافة ، ثم تركيب الصوامل ويجرى الشد الاولى للملف من اجل انجازه .

ويتم شد الملفات الاسطوانية المتعددة الطبقات في الوضع الرأسى ، بواسطة المصالبات (الشكل ١٢٦ ، أ) .

ويجرى اختيار المصالبتين ٢ و ٤ والصلبة ٦ تبعا لقطر الملف المطلوب شده ولاارتفاعه ويجب ان يكون طول المصالبة أكبر من القطر الخارجى للملف المطلوب شده ١ بمقدار ٣٠ - ٥٠ مم ، ويجب ان يطابق طول الصلبة لمجموع ارتفاع الملف والمصالبتين وجلبة تحديد المسافة والصوامل ، وحلقة الرفع . ويجب ان تبرز قلوطة الصلبة بعد شد الملف من الاعلى بمقدار ٣٠ مم كحد ادنى .

توضع صلبة الشد ٦ مع الفلكة وصامولة الرفع ٧ فى ثقب المصالبة السفلية ، وتوضع المصالبة على مكان العمل ثم يركب الملف عليها . وبعد



الشكل ١٢٦ - شد الملفات الاسطوانية المتعددة الطبقات :

أ- عند تساوى الابعاد المحورية للملف والاسطوانة المصنوعة من الورق البيكاليتي ، ب- عندما يكون البعد المحورى للاسطوانة أكبر من البعد المحورى للملف ؛ ١- الملف ، ٢- مصالبة سفلية ، ٣- قضبان خشبية ، ٤- مصالبة علوية ، ٥- جلب مبادعة ، ٦- صبلمة ، ٧- صامولة رفع

ذلك توضع المصالبة العلوية وتمرر صبلمة الشد عبر ثقب موجود فى المصالبة ، وتوضع جلبة تحديد المسافة ٥ وتشد الصامولة . ويتم فحص وضع الملف بين المصالبتين (للتأكد من عدم انزياحه) وتشد الصامولة جيدا .

يكون البعد المحورى للاسطوانة البيكاليتية فى بعض الاحيان أكبر من البعد المحورى للملف (الشكل ١٢٦ ، ب) . وفى هذه الحالة توضع صفائح تسوية خشبية تحت المصالبة العلوية بحيث تزيد عن البعد المحورى للاسطوانة بمقدار ١٥ - ٢٠ مم .

قبل الكبس يتعرض الملف للكشف الخارجى ، وتنفذ عملية الانجاز الاولى الذى ينحصر فى ازالة العيوب الملحوظة فى عزل اللفات وتصحيح وضع التساميك ، وازالة العيوب من الانتقالات بين الوشائع واماكن تغيير مواضع الاسلاك فى الملفات الحلزونية ، وكذلك ازالة العيوب الملحوظة الاخرى .

وتتألف عملية كبس الملفات القرصية المتواصلة والحلزونية عادة من مرحلتين : قبل التجفيف وبعده .
يجرى الكبس قبل التجفيف بغرض احداث الضغط المسبق ، الذى يجعل الملف ينكمش تحت تأثيره اثناء التجفيف . ولزيادة مقدار الانكماش للملف يستخدم اما ضغط عال للشد او نوابض تركيب على البلاطة الضاغطة العليا .

وبعد تجفيف الملف يستكمل الكبس حتى البعد المحورى الحسابى (الارتفاع الحسابى) . ويؤدى الانحراف عن الارتفاع الحسابى بما يزيد عن ٠,٥٪ الى التعقيدات عند تجميع المحول . ويكون من الصعب واحيانا يستحيل تجميع القسم الفعال للمحول (تركيب النير العلوى) اذا كان ارتفاع الملف فائضا . واذا كان الارتفاع غير كاف (مثلا فى الملفات المخصصة للمحولات المنخفضة الفلطية) ، يمكن ان تبقى الملفات غير مكبوسة فى المحولات المجمعة ، وهذا يؤدى حتما الى الحوادث .

ففى الانواع المدروسة من الملفات يعادل ارتفاع طاقم التساميك ٣٠ - ٦٠٪ من ارتفاعها الكلى . وبما ان الكرتون الكهربائى يتمتع بسماكة زائدة تنحرف عن البعد المقدر بمقدار يصل حتى ١٠٪ فان حساب الارتفاع الكلى وبالتالي الحصول عليه بدقة يعتبر مسألة معقدة . بالاضافة الى ذلك ، فان رطوبة الكرتون الكهربائى تساهم فى زيادة سماكته الحقيقية عند المعالجة . وفى التطبيق العملى لتصنيع الملفات ، يستخدم بشكل رئيسى الكبس المسبق للاغفال المصنوعة من الكرتون الكهربائى حتى تصل للسماكة المقدرة بالدرفلة فى مكنة التكبيس مع ترك خلوص عيارى بين الاعمدة ، وذلك بقصد الحصول على الارتفاع الحسابى وانقاص الانكماش اثناء الاستثمار . وتسمى هذه العملية بعملية الصقل ، ويسمى الكرتون المار بهذه المرحلة بالكرتون المصقول .

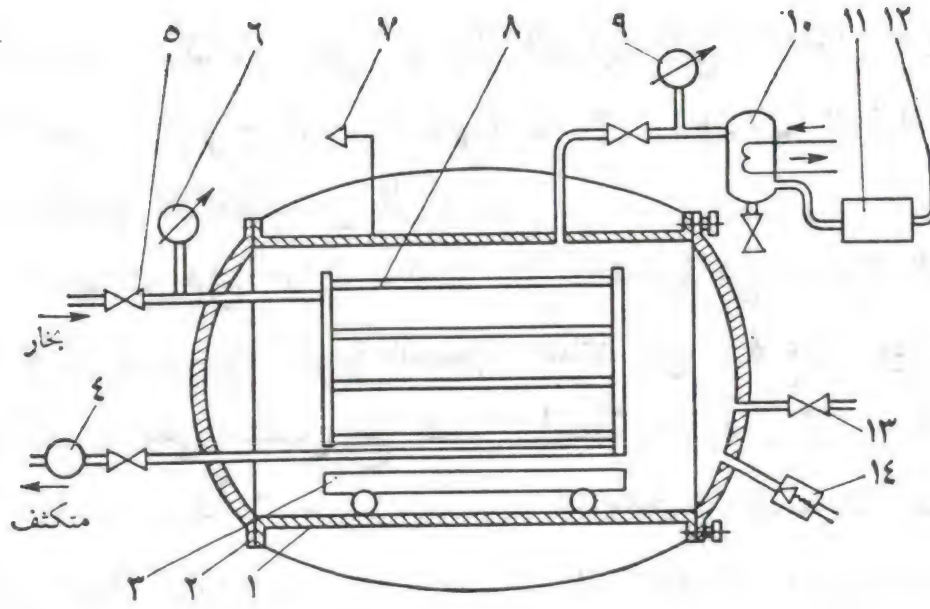
غير ان هذه الطريقة لا تؤدى دوما الى النتيجة المرجوة ، نضطر عندئذ الى ضبط البعد المحورى للملف عن طريق نزع التساميك اذا كان الارتفاع زائدا او عن طريق ادخال تساميك اضافية اذا كان الارتفاع غير كاف .

ان جميع المواد العازلة التى تصنع على اساس السليلوز (ورق الكابلات وورق الهاتف ، والورق المقوى والكرتون الكهربائى والاسطوانات الورقية البيكاليثية) وعلى اساس القطن (شريط التفنن والكبير) تشرب الرطوبة من الهواء الجوى بشكل فعال ، اى انها تترطب الى حالة معينة من التوازن تتوافق مع الرطوبة النسبية للهواء ومع الضغط الجوى . وتنخفض المتانة الكهربائية بشدة وكذلك يزداد حجم العازل المرطب ، اى ينتفخ العازل .

تحمل عملية الترطيب طبيعة مزدوجة ، فان ذرات الماء من جهة تملأ المسامات بين الالياف ، ومن جهة اخرى يتحد قسم من الذرات المائية مع ذرات السليلوز ، اى له روابط ذرية . وهذه الذرات وتلك ترطب العازل ، غير ان تأثيرهما مختلف ، فذرات الماء التى تتمتع بروابط ذرية لا تؤثر عمليا على الانتفاخ ، ولا تؤثر على المتانة الكهربائية الى حد معين من الفلظية المطبقة . ويتمتع العازل الحاوى على ذرات ماء مرتبطة ذريا ، بخواص المرونة والمتانة . فاذا تم نزع الماء المرتبط ذريا من العازل اثناء التجفيف الطويل الامد بالتجفيف فى الخلاء ، يصبح العازل عندئذ هشاً وغير متين ، غير انه يتمتع بخواص عالية للغزل الكهربائى .

وتنحصر عملية تجفيف ملفات المحولات فى ازالة الماء الموجود فى مادة العازل حالة حرة . وتؤثر العوامل التالية على جودة التجفيف وسرعته : درجة حرارة الهواء المحيط بالعازل ورطوبته النسبية ، الضغط البارومتري الخارجى بالنسبة للعازل ، سرعة حركة الهواء مباشرة عند سطح العازل ، مقدار سطح العازل .

فى المصانع الكبيرة للاصلاح الكهربائى تجفف الملفات فى حجرات التجفيف بالخلاء مع التسخين بالبخر . والقسم الاساسى لحجرة التجفيف بالخلاء هو الهيكل - الخزان ١ (الشكل ١٢٧) ، الذى يزود اطاره بحلقة منع تسرب من المطاط الصامد للحرارة . ويثبت الغطاء ٢ على نبيطة مساعدة فى فتح الغطاء واغلاقه . ويثبت الباب اثناء التجفيف بلوالب قلابية ، وتوجد



الشكل ١٢٧ - حجرة افقية للتجفيف في الخلاء :

- ١ - خزان ملحوم ، ٢ - غطاء ، ٣ - عربة ، ٤ - وعاء للمتكثف ، ٥ - صمام انزلاقي لودلو ،
- ٦ - مقياس الضغط ، ٧ - مقياس الحرارة بالمقاومة ، ٨ - مشعاب التسخين بالبخار ، ٩ -
- مقياس الخلاء ، ١٠ - جهاز التكثف ، ١١ - مضخة التخلية ، ١٢ - انبوبة العادم ،
- ١٣ - حنفية نزع الخلاء ، ١٤ - صمام الامان

على السطح الداخلى للحجرة مشعات التسخين بالبخار ٨ ، التى يمر فيها البخار الذى يرفع درجة حرارة الحجرة حتى ١٠٠-١١٠°م . وتغطى السطوح الخارجية للهيكل والغطاء بتغطية عازلة للحرارة ، وذلك بهدف انقاص الضياع الحرارى .

يتم احداث التخلخل فى الحجرة بمضخة تخلية . ويوضع بين الحجرة ومضخة التخلية عمود التكثيف حيث تتكثف الابخرة المارة وتسيل على شكل ماء . وبالإضافة الى ذلك ، فان العمود يحمى مضخة التخلية من دخول الماء اليها ، ويسمح بحساب كمية الرطوبة الخارجة من الملف . ويركب المقياس BBC-1 لقياس الضغط المتبقى فى الحجرة ، ومقياس الحرارة بالمقاومة لقياس درجة الحرارة . ويراقب سير عملية التجفيف كل ساعة بقياس كمية الماء المتكثفة .

تقسم عملية التجفيف فى الخلاء الى ثلاث مراحل رئيسية : ١ - رفع درجة الحرارة داخل حجرة التجفيف حتى المقدار المعين ، ٢ - تسخين

الملفات (تسخن الملفات حتى درجة الحرارة التي تتشكل عندها أكثر الظروف ملائمة لخروج الرطوبة منها) ، ٣ - تجفيف الملفات (يخرج من الملفات القسم الاعظم من الرطوبة) .

تركب الملفات على عربة خاصة يتم ادخالها في حجرة التجفيف ، ويجب ان لا تزيد درجة حرارة الحجرة عندئذ عن 50°م ، ومن ثم تغلق الحجرة باحكام ، وهي تتصل مع الجو بواسطة حنفية . ثم يوصل التسخين بالبخار للمشعات ويبدأ تسخين الملفات ، وتوضع الملفات بقصد حفظ العازل ، على مسافة لا تقل عن ٢٠٠ مم عن المشعات ، وترفع درجة الحرارة حتى $100-110^{\circ}\text{م}$ بسرعة 15°م/ساعة . وعند هذه الدرجة تسخن الملفات لمدة ٤ ساعات ، ويبدأ عد زمن التسخين اعتبارا من لحظة ثبات درجة الحرارة 100°م ، وبعد ذلك تغلق حنفية دخول الهواء ، وتبدأ بالعمل مضخة التخلية . ويتم تخفيض الضغط المتبقى على مراحل بمعدل $13000-20000$ باسكال ، وبعد كل مرحلة يترك الضغط نفسه لمدة ساعة واحدة . يفتح سجل اثناء عملية التجفيف تسجل فيه كل ساعة درجة الحرارة والضغط المتبقى في الحجرة ، وضغط البخار وكمية المتكثف الخارجة خلال ساعة واحدة . ويعتبر توقف خروج الماء المتكثف خلال ثلاثة قياسات اجريت بعد كل ساعة ، معيارا لانتهاء التجفيف . وتستمر عملية التجفيف عادة من ١٨ الى ٢٤ ساعة ، وعند انتهاء التجفيف يفصل التسخين ويتوقف عمل مضخة التخلية ، وتفتح حنفية دخول الهواء ، وبعد ذلك يفتح باب الحجرة وتخرج العربة ، ثم تشد الصوامل على صبالم الشد دون نزع الملفات . وبعد ذلك تفرغ العربة من الملفات .

وفي العديد من منشآت الاصلاح الكهربائي تستخدم للتجفيف خزائن حرارية تسخن كهربائيا . وتستخدم في هذه الخزائن عناصر التسخين TЭH ، التي لا تزيد درجة تسخينها على 350°م ، وذلك لانه عند الدرجة 400°م يمكن ان تلتهب ابخرة المواد الحالة للكتل التشريب ولك التغطية . ويتم تشكيل مسخن يتمتع بمساحة اشعاع كافية ، من عناصر التسخين TЭH على شكل U بقدرة تعادل ١ - ١,٥ كيلوواط .

ويمكن ان يستخدم مقياس الحرارة الزئبقى التماسى لضبط درجة الحرارة ، حيث توصل تماساته مع دائرة التغذية لمرحل بينى يتحكم بتغذية عناصر التسخين . وتحدد على ميزان الحرارة ، الدرجة القصوى لتسخين الخزانة : لتجفيف الملفات ١٠٥°م ، ولشوى اللك عند تصنيع الاجزاء العازلة المكبوسة ١٣٥°م ، وتزود الخزائن بتهوية شافطة .

البند ٤٤ - تشريب وشوى الملفات

تشرب عادة ملفات المحولات الزيتية والجافة من القياس الاول والثانى وبفلمية تصل حتى ١٠ كيلوفولط ، بدون تجفيف مسبق ، اما ملفات المحولات الزيتية من القياس الاول والثانى وبفلمية ٣٥ كيلوفولط وملفات المحولات الخاصة فانها تشرب عادة بعد التجفيف والكبس (انظر الفقرة السابقة) .

تشريب وشوى ملفات المحولات الزيتية . غالبا ما تشرب ملفات المحولات الزيتية باللك MJT-92 بالتغطيس ، وللحصول على اللزوجة العاملة لللك يضاف اليه الكسيلول أو الكحول الصناعى وتغطس الملفات الجاهزة للتشريب فى خزان اللك بحيث يكون مستوى اللك اعلى من الملف بما لا يقل عن ٥٠ - ١٠٠ مم ، وتبقى الملفات فى اللك حتى يتوقف خروج الفقاعات الهوائية ، ولكن بما لا يقل عن ١٠ دقائق . ثم ينزع الملف من حوض اللك ويوضع على قاعدة حتى تسيل كمية اللك الزائدة تماما ، ويترك فى الهواء لمدة لا تقل عن ساعة واحدة ، وبعد ذلك يوضع الملف على عربة خاصة ويتم ادخاله الى خزانة (حجرة) لشويه مع الدوران الاجبارى للهواء ، حيث يتم ضبط دخول الهواء النقى وخروج الهواء الحاوى على ابخرة المواد الحالة بواسطة صفائح خانقة . وبعد ادخال الملفات الى الخزانة يتم تشغيل المسخنات ومنظومة التهوية ، وترفع درجة الحرارة فى الخزانة حتى (± 115) °م. وتشوى الملفات عند هذه الدرجة حتى تختفى خاصة الالتصاق لللك ، ولكن لفترة لا تقل عن ٩ ساعات .

تشريب وشوى ملفات المحولات الجافة . ان ملفات المحولات الجافة العاملة فى المباني المحمية من وقوع الرطوبة عليها مباشرة ، وعندما تكون الرطوبة النسبية للهواء اقل من ٦٥٪ ، تشرب باللك BT-987 بنفس الطريقة التى استخدمت لتشريب ملفات المحولات الزيتية . وتشوى الملفات المشربة بدرجة $(5 \pm 115)^{\circ}\text{م}$ حتى تختفى خاصية الالتصاق لللك ، ولكن لفترة لا تقل ١٢ ساعة .

اما ملفات المحولات الجافة والمحولات الخاصة العاملة فى المباني ذات الرطوبة العالية فتشرب وتشوى مرتان باللك MЛ-92 والمينا ГФ-92ГC . وان الملفات المشربة باللك MЛ-92 والمشوية ، تغطس فى حوض المينا ГФ-92ГC وتبقى لمدة دقيقتين . بعد ذلك تنزع الملفات وتوضع على قاعدة كى يسيل فائض المينا خلال ٢٠ دقيقة ، ومن ثم يشوى الملف فى حجرة فيها هواء جار بدرجة $(5 \pm 110)^{\circ}\text{م}$ حتى تختفى خاصية الالتصاق ، ولكن لمدة لا تقل عن ٦ ساعات .

البند ٤٥ - انجاز الملفات

ينفذ الانجاز بعد الكبس والتثبيت للملفات :

— تقص اللاطات الاستنادية حسب تعليمات المخطط ، فى القسم العلوى للملفات ؛

— تطرق وتقوم انتقالات الاسلاك بين الوشائع (اللفات) ؛

— تقص الاطراف الحرة لشرائط العزل ؛

— يفحص عازل اطراف الملف ، وتثنى الاطراف ذاتها وتوضع حسب المخطط ؛

— تفحص مرة ثانية اعمدة التساميك ، وتسوى عند الضرورة بعد تحرير

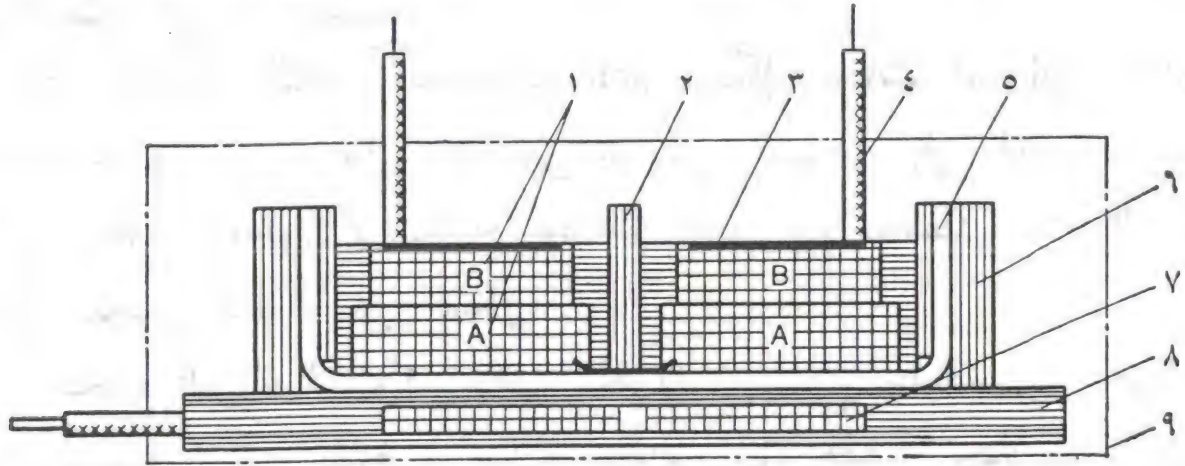
ضغط الكبس مؤقتا .

وتحزم الملفات التى ترسل الى مكان اصلاح المحولات خارج منشأة

الاصلاح ، مع استخدام ورق التحزيم الصامد للمياه ، وكذلك بواسطة أكياس من غشاء البولى اتيلين .

البند ٤٦ - ملفات محولات القياس

ان الملفات الثانوية لمحولات الفلطية ، التى هى عبارة عن ملفات الفلطية المنخفضة ، تنفذ بشكل ملفات اسطوانية بسيطة او ثنائية الطبقات ، ملفوفة على اسطوانات من الكرتون الكهربائى . اما الملفات الاولى لمحولات الفلطية ، التى هى عبارة عن ملفات الفلطية العالية ، فهى تنفذ بشكل ملفات



الشكل ١٢٨ - بنية ملفات محول الفلطية ماركة HOM-35-66:

- ١ - ملف الفلطية العالية (الوشيعتان A و B) ، ٢ - فلكات من الكرتون الكهربائى ، ٣ - حاجز الكهرباء الساكنة ، ٤ - طرف المأخذ العام (من السلك المرن) من ملف الفلطية العالية حاجز الكهرباء الساكنة ، ٥ - اسطوانة مشفهة من ورق الكابلات ، ٦ - فلكات طرفية من الكرتون الكهربائى ، ٧ - ملف الفلطية المنخفضة ، ٨ - اسطوانة من الكرتون الكهربائى ، ٩ - كونتورات لنافذة الموصل المغناطيسى

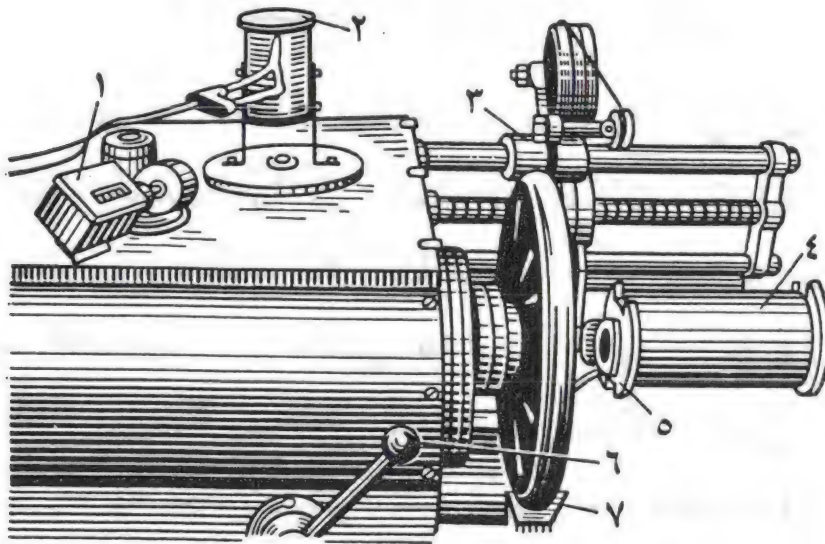
اسطوانية متعددة الطبقات ثنائية الوشائع ، الموصولة على التسلسل . ويبين الشكل ١٢٨ بنية الملف الوشائعى المتعدد الطبقات للفلطية العالية لمحول الفلطية HOM-35-66 (بفلطية ٣٥ كيلوفولط) . ويهدف استخدام الملف الوشائعى العديد الطبقات الى تحقيق هدفين : اولا تخفيض الفلطية بين الطبقات بمرتين ، مما يسمح بانقاص سماكة العازل بين الطبقات (ملفات الفلطية العالية تحتوى على عدد اكبر من الملفات فى كل طبقة ، وبالتالي على فلطية كبيرة بين الطبقات) ، وثانيا يكون المأخذان الطرفيان خارج الملف .

تحتاج ملفات الفلطية العالية لمحولات الفلطية الى سلك لف صغير القطر ، نظرا لصغر قيم التيار . غير انه لا تستخدم اسلاك لف بقطر اقل

من ٠,٢ مم (بالرغم من انه كان بالامكان حسب التيار استخدام أقطار اصغر من ذلك) ، وذلك لاعتبارات المتانة الميكانيكية . والمقصود بذلك هو ان العازل بين الطبقات في محولات الفلطية وذات الفلطية العالية ، يتألف من عدة طبقات من ورق الكابلات ، ولكي نؤمن اللف المرصوص من الضروري شد السلك بمقدار كاف ، وبالتالي يجب ان يكون السلك متينا من الناحية الميكانيكية كي لا ينقطع .

تنفذ الملفات الثانوية لمحولات التيار بشكل ملفات اسطوانية متعددة الطبقات وملفوفة في موصل مغناطيسي شريطي (قلب) . وفي الحالة الاخيرة يحتاج اصلاح المحول لاستخدام مكثات خاصة يتم بواسطتها لف الوشائع داخل الموصل المغناطيسي المغلق .

وتستخدم العوازل الهيبوكسيدية المسكوبة في انواع عديدة من محولات التيار والفلطية ، ولا يفترض اصلاح ملفات مثل هذه المحولات . وعند لف ملفات الفلطية المنخفضة والعالية لمحولات الفلطية تستخدم عادة مكثات اللف المبينة على الشكل ١٢٩ بصفة المعدات الاساسية . وتزود المكثات بمحرك كهربائي ودواصة مع لقمة الفرملة ٧ ، وعداد ١ لعدد دورات عمود الدوران ، وآلية الترتيب الاوتوماتي ٣ لللفات ، التي تضبط تبعا لقطر السلك

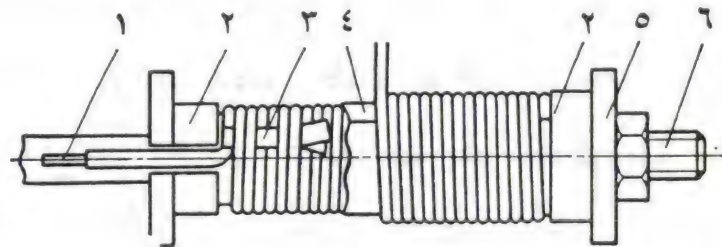


الشكل ١٢٩ - مكثات اللف :

- ١ - عداد دورات عمود الدوران ، ٢ - حوض اللحام ، ٣ - آلية التوزيع الاوتوماتي لللفات ،
- ٤ - الملف الجاهز للفاطية المنخفضة ، ٥ - شابلونة (لقمة) ، ٦ - قبضة مفتاح تحويل الاتجاه
- لسير آلية وضع اللفات ، ٧ - طوق الفرملة

وهي مزودة بنسيطة لتغيير اتجاه اللف يتم التحكم بعملها بواسطة القبضة ٦ ، وفي الممكنة يوجد كذلك حوض لحام المونة من اجل لحام الاسلاك . والنبايط المساعدة هي : دعامة للطنبور الحاوى على السلك ، وتجهيزة الشد ، ومشعل اللحام الغازى وطاقم الشابلونات ٥ من اجل لف الملفات . يضم طاقم الادوات ما يلى : مطرقة ، زردية ، قراضة ، مبرد ناعم ، تسميكة من الفيبر والخب . وتتألف المواد المساعدة الضرورية مما يلى : مونة اللحام ، الصهور ، البارافين ، الشريط (من الكبير والتفتا) ، اللك البيكالييتى وغيره .

وكمثال على التكنولوجيا النموذجية لللف وشائع محولات الفلطية ، يمكن ان نأخذ عملية لف وشائع المحول HOM-35-66 ، باعتباره محولا معقدا بما فيه الكفاية . وفيما يلى نورد نظام عملية لف الملف الاسطوانى الشئى الطبقات للفلطية المنخفضة : تركيب الشابلونة الفولاذية مع اللقم ٥ على العمود الدوار ٦ (الشكل ١٣٠) لمكنة اللف . وتلف على الشابلونة اسطوانة من الكرتون



الشكل ١٣٠ - لف ملف الفلطية المنخفضة الاسطوانى ، الشئى الطبقات فى محول الفلطية HOM-35-66

١ - سلك اللف ، ٢ - شريط طرفى من الكرتون الكهربائى ، ٣ - ربطة من شريط التفتا ، ٤ - العازل ما بين الطبقات ، ٥ - اللقمة الفولاذية للشابلونة ، ٦ - عمود الدوران فى المكنة

الكهربائى سماكته ٥,٥ مم ثلاث لفات ، ويدهن طرف اللوح بلك بيكالييتى كثيف . وتدرفل الاسطوانة الحاصلة بعمود خشبى وتربط بشريط من قماش قطنى ، ويلف على طرفى الاسطوانة وبشكل محكم على اللقم ، شريطان لتسوية الاطراف ٢ ، يلصق طرفاهما مع الاسطوانة ، وكذلك يربطان بشريطة . ويجب ضبط قوة شد اللف ، بحيث يتأمن اللف المتراص للوشيعه ، وفى نفس الوقت لا يتضرر عازل السلك . وبعد قياس طول طرف المأخذ

تلبس عليه أنبوية واقية ويشنى السلك ويدخل تحت الشريط الرابط للعازل الطرفى ، ثم يوضع فى شق اللقمة الموجودة على الشابلونة ، ويثبت بلف طرف السلك على عمود الدوران . ويوضع عداد الدورات على الصفر وتبدأ عملية لف الوشيعية .

توضع على اللفة الاولى ربطتان من شريط التفتا ، كما هو مبين على الشكل ١٣٠ ، ثم تلف ٤ - ٥ لفات ، وتشد الربطات ، ثم تلف ٢ - ٣ لفات تحت الشريط ، ومن ثم يمرر طرفا الشريط تحت اللفات التالية . وبعد نزع الشريط المؤقت الذى يربط الاسطوانة تستمر عملية اللف مع المراقبة على عملية لف السلك بحيث يتوضع بانتظام وبشكل مرصوص دون الحاق الاذى بالعازل .

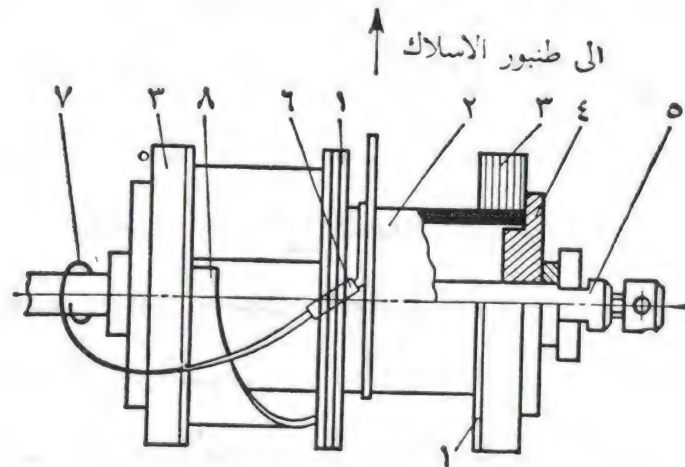
وبعد انتهاء لف الطبقة الاولى يوضع العازل ٤ ما بين الطبقات ، وتوضع فوقه الشرائط الطرفية ٢ بعد ربطها بشريط من التفتا . ومن ثم تلف الطبقة الثانية للملف مع رص اللفات باسفين من الفيبر او الخشب . وقبل ٥ - ٦ لفات من نهاية الطبقة الثانية توضع ربطات من الشريط ويستكمل اللف الى عدد اللفات اللازم . وبعد قياس طول طرف المآخذ ، يقص السلك وتلبس أنبوية واقية ويدخل من خلال الربطات غير المشدودة لشريط التفتا ، ثم يشنى السلك وتشد الربطات . ويحزم طرف مآخذ الملف بمقدار ٦ - ٨ دورات من الشريط .

ينزع الملف الجاهز من المكنة ، وتسحب الشابلونة وتنظف المآخذ بمقدار ٥٠ مم ، وتعرض للفحص الفنى الذى ينحصر فى الكشف الخارجى والتأكد من ابعاد الملف والسلك ، وصحة اماكن عوازل المآخذ وثبيتها . ثم يرسل الملف الى مركز الرقابة لمحطة الاختبار للتأكد من عدد اللفات وعدم وجود قصر دائرة بين اللفات .

ويلف ملف الجهد العالى للمحول HOM-35-66 فوق ملف الجهد المنخفض (الفلطية المنخفضة) . وينفذ ملف الفلطية انعالية على شكل ملف اسطوانى وشائعى (مؤلف من وشيعتين) . ولكى نلف ملف الفلطية العالية يركب على المكنة الملف الجاهز للفلطية المنخفضة ويدهن بلك بيكالىتى ويلف

عليه الكرتون الكهربائي الصفيحي ، الذي يساوى عرضه للبعد المحورى للملف (مع اخذ اللقم ضمن القياس) . ويجب ان تكون السماكة العامة للعازل المصنوع من الكرتون الكهربائي ، مساوية ٦ مم . ويدهن طرف اللوح من الاسفل بلك بيكالييتي ، ويدرفل بعمود خشبي ، وتربط مؤقتا بعدة لفات من شريط الكيبر . وفيما بعد تدهن اطراف الكرتون الكهربائي باللك ، وتنزع الاربطة المؤقتة وتلف على الاسطوانة باحكام اشربة من ورق الكابلات بسماكة كلية قدرها ٦ مم . ويجب ان يكون الشريط مقرضا من الطرفين على عمق ٦٥ مم بخطوة ١٦ مم ، ويكون عرض الشريط أكبر من البعد المحورى للملف . وبعد ان تشنى الاطراف المقرضة للورق ، تشكل كذلك عازلا لطرفي الملف (انظر الشكل ١٠٣ ، الموقع ٥) . وعند وضع الشريط يجب الانتباه لعدم انطواء الاطراف المقرضة ، وان تبرز من الجهتين بشكل متساو ، وان لا يزيد تطابق التفريعات عن ٢٥٪ ، ثم تقص اطراف الورقة وتدهن باللك وتربط بشريط من التفتا .

وفيما بعد ، ينزع الملف عن الممكنة وينزع شريط التفتا ، وتلبس فلكات من الكرتون الكهربائي ٢ (انظر الشكل ١٣٠) و ١ (الشكل ١٣١)



الشكل ١٣١ - لف الملف الوشائي الاسطوانى المتعدد الطبقات ، والعالى الفلطية فى محول الفلطية

HOM-35-66

- ١ - فلكة بينية من الكرتون الكهربائي ، ٢ - اسطوانة عازلة ملفوفة فوق ملف الفلطية المنخفضة (الاسطوانة المشفهة من ورق الكابلات غير مبينة) ، ٣ - حلقة تسوية مؤقتة (تكنولوجية) ، ٤ - لقمة فولاذية للطبعة (الشابلونة) ٥ - العمود الدوار للمكنة ، ٦ - انبوبة واقية ، ٧ - سلك اللف ، ٨ - شريط مؤقت لتحديد المسافة من الكرتون الكهربائي المجمع

فوق الاسطوانة المصنوعة من ورق الكابلات . وتوضع هذه الفلكات بحيث تكون السماكة الكلية في وسط الملف ٨ مم ، وفي الاطراف ٣ مم . وترص الفلكات الطرفية الى طرفى الاسطوانة المشفهة ، حيث يكون الطرفان مقرضان بعناية ومرتبان بدقة ، وتوضع بين الفلكتين الطرفيتين والفلكات المتوسطة تساميك تكنولوجية من الكرتون المجعد والمقوى ٨ على شكل مبسط عرضه ٧٥ مم ، تثبت بلفتين او ثلاث من شريط الكبير .

يركب الطاقم المجمع للشابلونة مع اللقم الفولاذية ٤ على عمود الدوران ٥ للمكنة ، ثم يثبت . وبما ان اتجاه لف الملف العالى الفلطي هو يسارى ، فاننا نبدأ بلف الوشيعية الواقعة من اليمين (التي تكون بدايتها من اليسار) . وتلف الطبقة الاولى (والاخيرة) من كل وشيعية بسلك لف قطره ٠,٧٤ مم (له مقطع مقوى) . ويمرر طرف السلك ٧ مع الانبوبة الواقية ٦ الملبسة عليه ، تحت الفلكات المتوسطة ١ ، ثم يثبت هذا الطرف . ثم يحدد عداد الدورات على الصفر وتلف الطبقة الاولى للوشيعية A (انظر الشكل ١٢٨) بعد ان تكون قد وضعت تحتها مسبقا شريطة مبسطة من الكرتون الكهربائى (كى لاتزاح الفلكات) ، والعازل بين الطبقات . وبعد انتهاء لف الطبقة الاولى يوضع العازل ما بين الطبقات ، ويقص السلك الذى يعادل قطره ٠,٧٤ مم ويلحم معه سلك قطره ٠,٢ مم (القياس الاساسى) ، ثم يعزل مكان اللحام بنسيج مشرب باللك ، ويستمر لف الوشيعية A ، بعد وضع طبقة من العازل ما بين الطبقات بعد كل طبقة . ويجب تعيير نبیطة توزيع اللفات فى كل طبقة طبقا لقطر السلك الجارى لفه .

وعند الانتقال الى الوشيعية B (ذات البعد المحورى الاقل) يوضع العازل بين الطبقات ذات الاطراف المحنية بشكل اعرض . وفى نهاية الطبقة ما قبل الاخيرة يقص السلك ويلحم مع سلك قطره ٠,٧٤ مم ، ويعزل مكان اللحام ، ويوضع العازل ما بين الطبقات والحاجز الكهروستاتى ٣ (انظر الشكل ١٢٨) ، المؤلف من رقائق النحاس الاصفر المصفوفة على الشريط المبسط من الكرتون الكهربائى ذى الاطراف المحنية . ويوضع الحاجز بحيث يكون طرف المأخذ ، الذى سيكون مأخذا طرفيا للوشيعية ، موجهها نحو

طرف الوشيعية . وتوضع فوق الحاجز طبقتان من العازل ما بين الطبقات ، وتلف الطبقة الاخيرة للوشيعية Б ، مع رص العازل باسفين من الفيبر لكى يرص الحاجز باحكام على الوشيعية . ومن ثم يقص السلك ويلحم مع الحاجز . وتلف الوشيعية من الاعلى بشريط مبسط من الكرتون الكهربائى عبر ثقب يمرر منه طرف المآخذ ، وبعد ذلك تربط الوشيعية بشريط من التفتا . تنزع عن الممكنة ، المجموعة الوشائية الاولى الملفوفة (A—B) من ملف الفلظية العالية مع ملف الفلظية المنخفضة ، وتدار بمقدار ١٨٠° ، ويركب الملف مجددا على الممكنة بطرفه الآخر ويثبت من اجل لف المجموعة الثانية للوشائع ، مع التكرار التام لجميع العمليات التكنولوجية التى نفذت عند لف المجموعة الاولى للوشائع .

ينزع الملف الجاهز عن الممكنة ويحرر من اللقم والحلقات التكنولوجية ، ويوضع بدلا عن الاخيرة طاقم من الفلكات التى تربط مؤقتا فى مكانين او ثلاثة اماكن فى الاتجاه المحورى بشريط من الكبير . ومن ثم تنفذ الاعمال الانجازية للملف ، حيث تقص الاطراف المقرضة للاسطوانة المشفهة ، وتنظف اطراف المآخذ ، وبعد ذلك يرسل الملف الى الرقابة . ويرسل الملف بعد اجتيازه للرقابة الفنية ، الى مرحلة التجفيف الاولى فى خزانة التجفيف بالخلاء . ويرسل الملف بعد التجفيف الاولى ، الى مركز الرقابة فى محطة التجريب حيث يجرى التأكد من صحة عدد اللفات . ومن الضرورى اجراء التجفيف الاولى لملفات الفلظية العالية لمحاولات الفلظية ٣٥ كيلوفولط وأكثر ، وذلك لانه عندما يكون العازل رطبا يستحيل عمليا حساب عدد اللفات بسبب الوجود المحتمل لتيارات التهريب .

ومن مركز محطة الاختبار يرسل الملف ثانية الى قسم التشريب باللك МЛ-29 . وتنحصر عملية تشريب الملف فى تسخينه المسبق وتجفيفه وتشريبه باللك (بطريقة الغطس) ثم شويه . وان تشريب الملف المتعدد الطبقات باللك مع الشوى اللاحق ، يرفع من اامتانة الميكانيكية اضافة الى زيادة امتانة الكهربائية والصمود ضد الرطوبة .

وبعد سحب الملفات من الفرن ، فانها تترك لتبرد ، ومن ثم تعرض ثانية للرقابة الفنية وترسل الى مكان تجميع المحولات .

وقد ذكر اعلاه ، انه يمكن فى ظروف منشآت الاصلاح ، القيام باصلاح القليل من انواع محولات التيار . ويمكن هنا عادة اصلاح فقط محولات التيار ، اننى يمكن نزع الملف منها . وهذه المحولات هى بشكل رئيسى ، تلك المحولات التى تحتوى على موصلات مغناطيسية محشوة (قلوب) ، مثل المحولات $TK\Phi-3$ ، $T\Phi-10$ ، $TP\Phi-10$ وغيرها .

وتكون الملفات الثانوية لمحولات التيار على عدة طبقات ملفوفة على هياكل عازلة مستطيلة الشكل . وعند اعادة لف ملفات محولات التيار يجب ان يعار اهتمام خاص لمراعاة التوزيع العام المصنعى لللفات ، والشكل العام للملف وابعاده . ويجب ان تكون لفات الملف موزعة بانتظام على ارتفاعها ، وخاصة فى طبقتها الاخيرة (فى الملف العديد الطبقات) .

ولاتجاه اللف كذلك أهمية كبيرة ، فهو يجب ان يكون منطبقا مع اتجاه لف الملف الاولى ، اى أن اتجاه الدوران حول الملف يجب ان يكون متشابهها من U_1 و U_2 ومن \mathcal{M}_1 و \mathcal{M}_2 (تذكر هذه الرموز على المحول) . ويجب ان تشرب الملفات الثانوية بعد اعادة اللف ، باللك المناسب (الاسفلتى او الراتنجى الالكيدى) مع التجفيف والشوى اللاحقين حسب تعليمات المصنع .

ويجب القيام بتركيب الملف الاولى على الموصل المغناطيسى بشكل متماثل بالنسبة للملف الثانوى ، اى طبقا للوضع الاولى (فى المصنع) . وقد يؤدى تغيير وضع الملفات الى تغيير الخطأ الذى يعطيه محول التيار . اما اعادة لف الملفات الثانوية لمحولات التيار الحاوية على موصل مغناطيسى شريطى ، فهى اعقد بكثير ، ويمكن تنفيذها فى حالات الضرورة القصوى يدويا ، مع المراعاة الضرورية لوضع اللفات الاولى وللابعاد .

البند ٤٧ - نظام تسلسل فك المحولات وتجميعها

ان فك وتجميع المحولات هما عبارة عن مجموعة متكاملة من العمليات المختلفة والمهمة جدا ، تنفذ وفق التسلسل المحدد حسب تصميم المحول ، بشكل رئيسى .

وغالبا ما يؤدي الفك غير الصحيح للمحول الى الحاق الاذى ببعض
الاجزاء التى تصلح للاستعمال ثانية ، والى زيادة مدة بقاء المحول فى الاصلاح .
اما المحول الذى جرى تجميعه مع الاخلال اللفظ لقواعد التجميع ،
فانه يتعطل ويصبح غير صالح للعمل ويشكل حادثا لحظة وصله مع الشبكة
الكهربائية او بعد فترة عمل قصيرة .

ولا يقوم عادة عامل اللف والعزل بفك وتجميع المحولات ، غير
انه ملزم بمعرفة الطرق الاساسية لتنفيذ هذه العمليات .

فك المحول . يجرى فك المحول فى مبنى جاف ومدفأ ومجهز لهذا
الغرض ، ومزود بوسائل رفع محسوبة على وزن المحولات الواجب اصلاحها ،
وكذلك مزود بالعدد والادوات اللازمة .

وينفذ الفك الكلى لمحول مملوء بالزيت مع موسع ، مع مراعاة التسلسل
التالى :

يفرغ الزيت حتى مستوى ١٥ - ٢٠ سم اخفض من حافة الخزان ،
ومن ثم تفصل الوصلة الانبوبية التى تصل الخزان مع الموسع ، وتنزع مع
الموسع عن حوامله . واذا كان فى الوصلة الانبوبية مرحل غازى ، فان
عملية الفك (بعد تفريغ الزيت) تبدأ من فك المرحل الغازى . وبعد نزع
الوصلة الانبوبية ، توضع سدادة على ثقب الغطاء ، لكى لا يتوسخ الزيت
الموجود فى الخزان ولا تدخل الرطوبة اليه . وفى هذه المرحلة من الفك تؤخذ
الاجراءات لحماية الاجزاء واجهزة القياس المطلوب فكها (المرحل الغازى ،
مقياس الحرارة ، المنبه الحرارى ، مؤشر الزيت ، التساميك ، اجزاء التثبيت ،
وغيرها) .

ثم تفك اللوالب مع الصوامل على كامل محيط الخزان ، ويرفع غطاء
المحول بمساعدة آليات الرفع (مرفاع ، رافعة ، ونش) . واذا كان القسم
الفعال فى المحول مثبتا على غطاءه ، يرفع الغطاء عندئذ مع القسم الفعال .
وعند رفع الغطاء نقوم بما يلى : بعد رفع الغطاء لمسافة ٢٠ - ٢٥ سم فوق
الخزان يتم الكشف على حالة موصل الاحكام (الجوان) ، فاذا كان صالحا
للاستعمال مرة ثانية ، تؤخذ الاحتياطات لحمايته . غالبا ما يوضع موصل

الاحكام بعد دهان سطحه باللك البيكالىتى ، مما يجعل فصله عن الخزان بعد مرور الزمن صعبا جدا ، وتنفذ عملية الفصل هذه بعذر بواسطة السكينة ، وبحيث لا تقع اصابع العامل فى الفراغ الكائن بين الغطاء وخزان المحول .
ففى المحولات التى لا تقع مآخذها على الغطاء ، وانما تقع على جدران الخزان ، ينزع الغطاء اولا ثم يفرغ الزيت من الخزان حتى ينخفض مستواه بمقدار ١٠ - ١٥ سم عن الثقوب التى توجد فيها المآخذ ، ومن ثم تفك تفريعات الملف عن القضبان وتفك المآخذ ، وبعد ذلك يرفع القسم الفعال للمحول .

يمكن فتح المحول بشرط ان تكون درجة حرارة الهواء المحيط اخفض ، او فى اسوأ الحالات مساوية لدرجة حرارة القسم الفعال المتزوع من خزان المحول . وفى الحالة المعاكسة ، فان الرطوبة الموجودة فى الهواء المحيط سوف تتكثف على سطح عوازل الملف والاجزاء الاخرى العازلة ، مما قد يؤدى الى التخفيض الشديد لمقاومتها الكهربائية . وفى حال ضرورة احداث الظروف التى تستثنى امكانية تكثف الرطوبة على العوازل ، يوضع القسم الفعال للمحول فى مبنى مدفاً او يسخن الملف حتى درجة حرارة تزيد ١٠ - ١٥ م° عن درجة حرارة الهواء المحيط فى المبنى . وتعتبر طريقة تقصير الدائرة احدى ابسط الطرق وأكثرها توفراً لتسخين القسم الفعال للمحول ، حيث يتم تقصير دائرة ملف الفلظية المنخفضة ، اما ملف الفلظية العالية فيوصل مع فلظية منخفضة ٢٢٠ او ٣٨٠ فولط .

ويجب ان لا تزيد مدة بقاء القسم الفعال خارج الزيت عن ١٢ ساعة فى الجو الرطب ، وعن ١٦ ساعة فى الجو الجاف ، ويبدأ حساب هذه المدة منذ لحظة بدء تفريغ الزيت من المحول . ويكون تنفيذ هذه المتطلبات ذا قيمة ، اذا كانت اعمال الاصلاح يمكن ان تنفذ خلال ١٠ او ١٥ ساعة على التوالى ، ولا ترتبط بالتبديل الجزئى او الكلى للملفات ، وذلك لانه فى الحالة الاخيرة نضطر للقيام بعملية التجفيف بغض النظر عن مدة بقاء القسم الفعال خارج الزيت .

عند رفع القسم الفعال يجب مراعاة اجراءات الاحتياط التى تستثنى امكانية الحاق الاذى بالملفات بواسطة حبال الرفع .

يوضع القسم الفعال على قاعدة مرتفعة وينظف من الاوساخ بسكب الزيت المسخن حتى ٤٠°م عليه ، وبعد ذلك يجرى الكشف وتحديد الأعطال .

ويهدف تحديد الاعطال الى تبيان مكان العطل وطبيعته ودرجة ضرره ، وتسجل الاعطال المكتشفة في سجل الاعطال . وعند تحديد اعطال المحولات الواردة للاصلاح من التصميم القديم ، التي لا توجد معلومات عنها في الالبومات النموذجية ، تؤخذ ابعاد الملفات المعطوبة والاجزاء لعازلة وترسم مخططاتها الكروكية . وغالبا ما يعهد بتنفيذ هذا الجزء من العمل لعامل اللف والعزل الذي يتوجب عليه تحضير الملف الجديد أو الاجزاء العازلة .

وبعد فحص اقسام المحول التي يمكن التوصل للكشف عليها ، تنتقل الى الفك اللاحق ، اى الى فك النير العلوى للموصل المغناطيسى ، ومن ثم الى فك الملفات .

لكى نفك النير العلوى للموصلات المغناطيسية للمحولات ذات الابعاد الاولى والثانية ، يجب فك الصوامل ونزع زوايا الرفع المركبة على عتبات النير . ومن ثم تفك الصوامل العلوية عن صبالم الكبس بواسطة مفاتيح شق ، وذلك بتحرير الصوامل بالتتابع من جهة واحدة للصبالم الافقية ، التى تشد النير العلوى ، ثم تنزع العتبات العلوية للنير .

يبدأ فك النير العلوى للموصل المغناطيسى من نزع الصفائح الطرفية مع مراعاة التسلسل التالى : عند فك النير للموصل المغناطيسى فى المحولات ذات الابعاد الاولى أو الثانية تنزع فى آن واحد ٩ - ١٢ صفيحة من رزمة واحدة ، اما عند فك النير العلوى للموصل المغناطيسى فى المحولات ذات الابعاد الثالثة او الرابعة ، فتتزع صفيحتان او ثلاث صفيائح تبعا لكيفية تجميع النير . وتفك صفيائح النير العلوى بعناية كى لا تتضرر عوازل الصفائح . بعد الانتهاء من فك النير العلوى للموصل المغناطيسى ، تنزع عن جميع القلوب الحديدية اولا ملفات الفلظية العالية ومن ثم ملفات الفلظية المنخفضة . وتنفذ عملية فك الملفات بعد فك لحام جميع الوصلات لنهايات ملفات الفلظية العالية والفلظية المنخفضة .

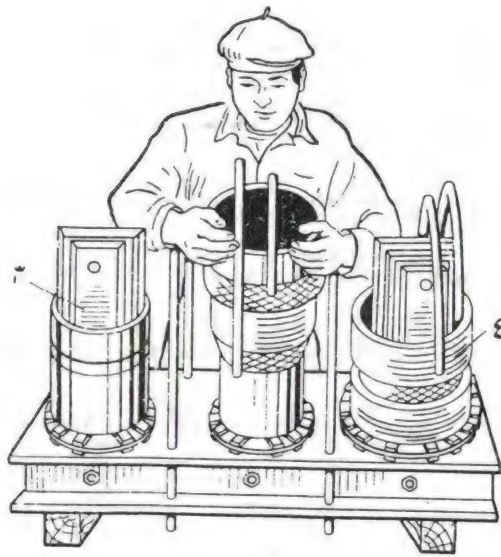
تربط رزم صفائح نير الموصل المغناطيسى ، وتشد الصفائح باحكام بواسطة رباط من شريط الكيبر ، وذلك لوقاية عوازل الصفائح فى قلوب الموصل المغناطيسى من التضرر والاوساخ .

ان جميع الاقسام والاجزاء المنزوعة عند فك المحول تحفظ بعناية بعد تصنيفها ، وتتخذ الاجراءات التى تحمى الملفات غير المعطوبة والاجزاء العازلة من تأثير الرطوبة ، وذلك بعد نزعها من المحول الجارى اصلاحه . وترسل الاقسام والاجزاء المعطوبة مع سجل سير الاصلاح الى الورشة الكهربائية او الى مصنع الاصلاح الكهربائى .

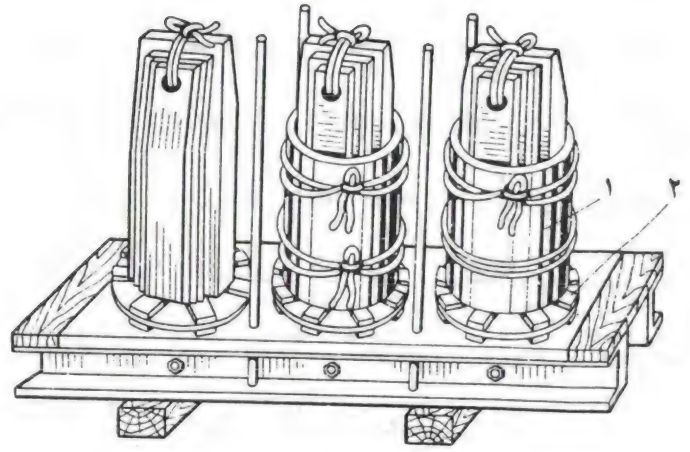
تجميع المحول . يتوقف التسلسل التكنولوجى لتنفيذ عمليات تجميع المحول الذى تم اصلاحه ، على تصميمه . وبالرغم من تنوع التصميم فانه تقسم عملية تجميع جميع المحولات بعد اصلاحها الى مرحلتين اساسيتين . ففي المرحلة الاولى للتجميع تنفذ عمليات تركيب عوازل الملفات وتركيب الملفات ووضع الاسافين فى الملفات وحشو ورص النير العلوى وتكبيس الملفات وتجميع المخطط وتنفيذ التوصيلات . وفى المرحلة الثانية للتجميع يتم تنزيل القسم الفعال فى الخزان ، وتركب على الغطاء جميع الاجزاء (الموسع ، انبوب الامان ، جهاز تحريك مفتاح التحويل وغيره) ويثبت الغطاء على الخزان ويملأ الخزان بزيت المحولات الجاف .

اثناء تنفيذ اعمال مرحلتى التجميع الاولى والثانية ، تجرى الاختبارات والفحوصات اللازمة ، وتفحص على وجه الخصوص المتانة الكهربائية لعوازل بعض العناصر فى القسم الفعال ، وصحة توصيل التفريعات مع تماسات مفتاح التحويل ، ودقة عمله ويتم التأكد من وجود الدائرة الكهربائية بين الموصل المغناطيسى وهيكل الخزان المؤرض ، ويتم فحص المتانة الكهربائية للزيت المسكوب فى خزان المحول المصلح ، وكذلك تجرى فحوصات واختبارات اخرى يتحدد حجمها ومعدلها وتسلسل تنفيذها تبعا لطبيعة الاصلاح والتكنولوجيا المعتمدة لتنفيذه .

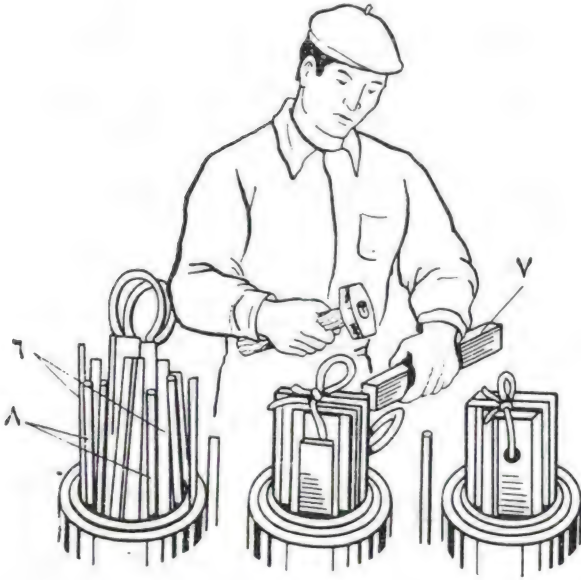
تركيب العوازل وتركيب الملفات على قلوب الموصل المغناطيسى . قبل البدء بتركيب الملفات ، تسوى صفائح قلوب الموصل المغناطيسى وترص



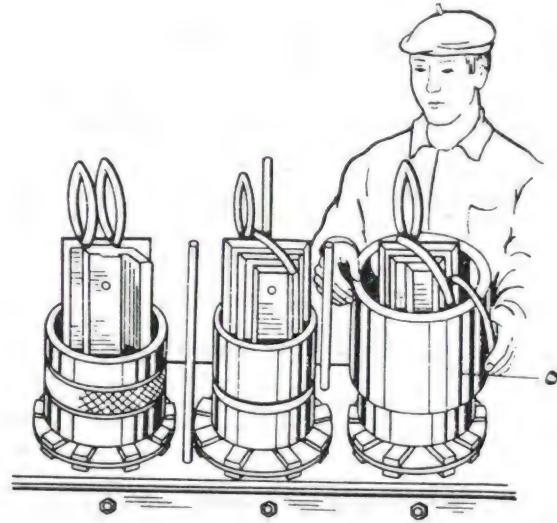
ب



ج



د



هـ

الشكل ١٣٢ - تركيب عوازل وملفات المحول :

- أ - تركيب عازل النير وعازل القلوب ، ب - ملف الفلظية المنخفضة على قلب الموصل المغناطيسي ،
ج - تركيب ملف الفلظية العالية على ملف الفلظية المنخفضة ، د - تركيب الاسافين في الملفات ؛
١ - اسطوانة طرية من الكرتون الكهربائي (عازل القلب) ، ٢ - عازل النير ، ٣ - قلب الموصل
المغناطيسي ، ٤ - ملف الفلظية المنخفضة ، ٥ - ملف الفلظية العالية ، ٦ - صفائح ، ٧ -
صفحة اضافية ، ٨ - قضبان دائرية

بشدة بواسطة شريط من التفتا ، يمر عبر ثقب فيها ، ويجب ان تكون
الملفات معزولة بشكل مضمون عن الموصل المغناطيسي . ويبدأ عزل
الموصلات المغناطيسية في المحولات ذات الابعاد الاولى والثانية ، من
وضع عوازل النير (الشكل ١٣٢ ، أ) ، وبعد ذلك يتم البدء بتركيب ملف
الفلظية المنخفضة على قلوب الموصل المغناطيسي (الشكل ١٣٢ ، ب) ،

ومن ثم يركب بشكل متمركز معها ملف الفلظية العالية (الشكل ١٣٢ ، ج) .
عند تركيب الملفات على القلوب يجب الانتباه الى صحة موضع التفريعات
بالنسبة للموصل المغناطيسى وبالنسبة لبعضها البعض ، بحيث يجب ان تكون
تفريعات ملف الفلظية المنخفضة بجهة مقابلة لتفريعات ملف الفلظية
العالية . وبعد تركيب الملف توضع الاسافين المصنوعة من صفائح خيزران
(الشكل ١٣٢ ، د) وتوضع القضبان الدائرية ٨ . ولهذا الغرض توضع لفيفتان
من الكرتون الكهربائى بين ملفى الفلظية العالية والمنخفضة وتوضع بين
اللفيتين وعلى عمق ٣٠ - ٤٠ مم صفائح مستطيلة الشكل مدهونة مسبقا
بالبارافين كى لا تجرح اللفيفة . ومن ثم يطرق كل زوج من الصفائح
بالتناوب من كل جهة ، فاذا كانت الصفائح تدخل بصعوبة يجب قشطها
او تبديلها بارفع منها ، وتوضع شرائح رقيقة من الكرتون الكهربائى تحت
الصفائح التى تدخل بحرية .

وبعد أسفنة ملفات الفلظية العالية ، تجرى اسفنة ملفات الفلظية المنخفضة
بنفس الطريقة بقضبان دائرية وصفائح تشكيلية تدخل بالطرق بين اسطوانة
قلب الموصل المغناطيسى وتدرجاته . وتتوزع القضبان والصفائح على كامل
طول الملف .

ويجرى تنزيل القضبان ٨ والصفائح ٦ بضربات المطرقة على القطعة
الاضافية ٧ (انظر الشكل ١٣٢ ، د) المصنوعة من الخشب او الفبير مع
تجنب الطرقات الشديدة عندئذ ، كى لا يتشقق طرف القضيب او الصفيحة .
ولكى نحافظ على الشكل الاسطوانى للملفات يتم اولا ادخال القضبان الدائرية
ومن ثم الصفائح . ويتم تطريق القضبان والصفائح التى وصلت الى مستوى فولاذ
الموصل المغناطيسى بواسطة مطرقة من خلال صفيحة اضافية ، بحيث لا
تتضرر عرضيا صفائح الموصل المغناطيسى او عوازل الملفات .

يتم البدء بحشو النير العلوى للموصل المغناطيسى فى المحولات التى
تصل استطاعتها الى ٦٣٠ كيلو فولط أمبير ضمنا ، من الرزمة المركزية
للقلب الاوسط ومن طرفى النير فى آن واحد ، وتوضع صفائح مؤقتة عند
الوجوه الداخلية للقلبىين الآخيرين ، وذلك لكى تتوضع بدقة طبقات صفائح

النير ، وتوضع هذه الصفائح بجانبها المعزول للداخل . واذا حصل اثناء عملية الاصلاح ان كل الصفائح لم تدهن باللك وانما نصفها فقط ، فان صفائح النير تحشى عندئذ بالتناوب بحيث تتجاور كل صفيحة غير مدهونة باللك مع الصفيحة المدهونة ، وبحيث تكون طبقة من اللك بين كل صفيحتين . وعند حشو النير يستخدم الرسم اليدوى (الكروكى) المرسوم عند فك النير . ويجب مراعاة تلبية المتطلبات التالية عند حشو النير العلوى :

— لا يسمح بتواجد التراكبات لصفائح النير على الصفائح القصيرة للقلوب ؛

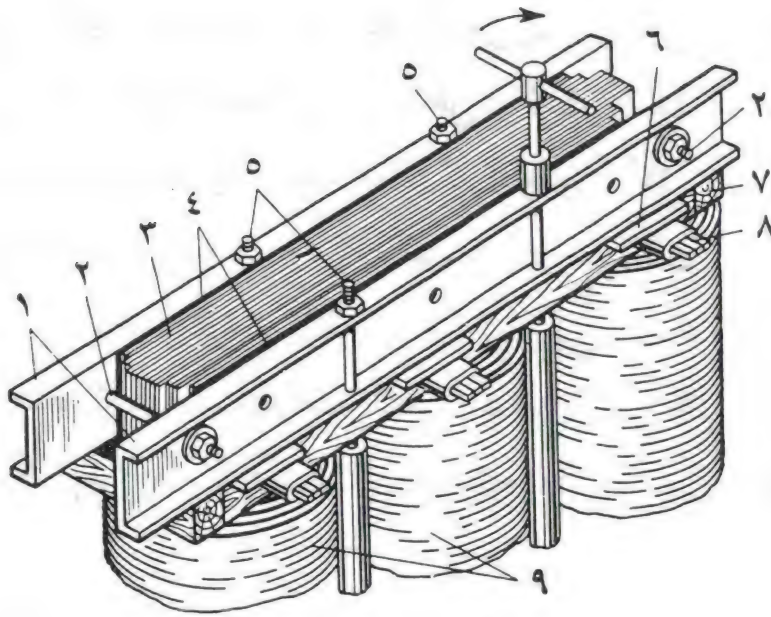
— يسمح بخلوص فى الوصلات التناكبية لا يزيد عن ٠,٣ مم (يفحص الخلوص بالمحاسات) ؛

— يجب ان تتطابق الثقوب بدقة فى صفائح النير والقلوب ؛

— يجب ان تتشكل وصلة تناكبية دقيقة بين الصفائح الزاوية للنير مع الصفائح الشاقولية (الرأسية) للقلوب .

عند حشو النير يمكن ان تظهر «تموجات» كأسنان المشط (بروز بعض الصفائح) . ومن الضرورى طرقها بالمطرقة من خلال تسميكة اضافية مصنوعة من الكرتون (الورق الطبقي الراتنجى) بعد تجميع كل طبقة ، وتطرق جميع التموجات بشكل نهائى بعد تكبيس الملفات . وعند وضع الرزمة الثانية من جهة ملف الفلطية المنخفضة يوضع بين صفائح النير شريط التأريض لعمق ٥٠ - ٦٠ مم بعد عزله عن اطراف الصفائح بشريطة مبسطة من الكرتون الكهربائى .

وبعد انتهاء عملية الحشو تنتقل الى تكبيس الملفات والنير ، ولهذا الغرض توضع العبتان العلويتان ١ للنير (الشكل ١٣٣) حسب التعليم مع تسميكتى عزل النير ٤ ، وتثبتان معا بواسطة صبالم ٢ تكنولوجية مؤقتة ، بشد ضعيف دون كبس الصفائح . وتوضع حواجز من الكرتون الكهربائى ٦ عند مخرج نهايات ملف الفلطية المنخفضة بين رف عتبة النير وصفائح الخيزران ٧ . ويثبت الطرف الثانى لشريط التأريض بين عتبة النير ١ من جهة ملف الفلطية المنخفضة ، وبين التسميكة ٤ . وتدخل ثقوب عتبات النير فى



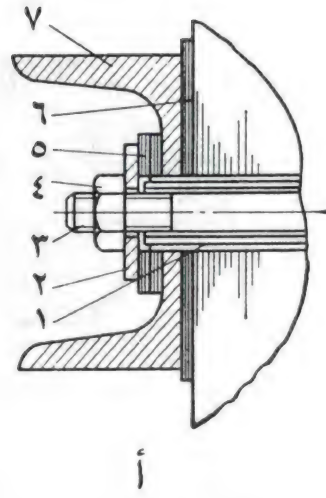
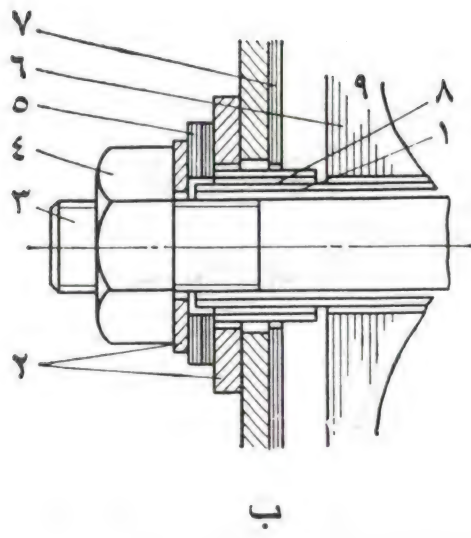
الشكل ١٣٣ - تكبيس الملفات والنير :

١ - عتبات النير ، ٢ - صبلمة شد مؤقتة ، ٣ - صفائح النير العلوى ، ٤ - تساميك عازلة للنير ، ٥ - صبالم رأسية ، ٦ - حواجز من الكرتون الكهربائى ، ٧ - صفائح من الخيزران ، ٨ - نهايات تفريعات الملف للفلطية المنخفضة ، ٩ - ملفات الفلطية المنخفضة

الصبالم الرأسية ٥ التى تشد بمفاتيح شق لتأمين تكبيس الملفات بالجهد اللازم . ثم تزال اماكن عدم الاستواء المتبقية بتطريقها بمطرقة كتلتها ٨٠٠ غرام من خلال تسميكة خشبية اضافية او قضيب نحاسى . وبعد ذلك ، توضع صبالم شد النير فى ثقوب النير ، بعد ان تكون ملبسة بانابيب من الورق البيكالىتى ، وتوضع على طرفى كل صبلمة فلكات عازلة وفلكات فولاذية ثم تشد الصوامل (الشكل ١٣٤) . فاذا لم تدخل الصبالم عبر الثقوب بسبب انزياح الصفائح ، يجب تصحيح الثقوب بواسطة شياق فولاذى مخروطى الشكل .

وبعد الشد النهائى لصبالم الشد يتم التأكد من عدم وجود قصر دائرة معدنى بين كل صبلمة مع النير ، بواسطة مقياس اوم ، واذا عثر على ذلك يجب تحرى السبب وازالته . ثم يضرب السنبك بين الصامولة والصبلمة فى ثلاثة اماكن .

وبعد تجميع وتكبيس النير العلوى والملفات نقوم باجراء المجموعة اللازمة من الاختبارات المرحلية .

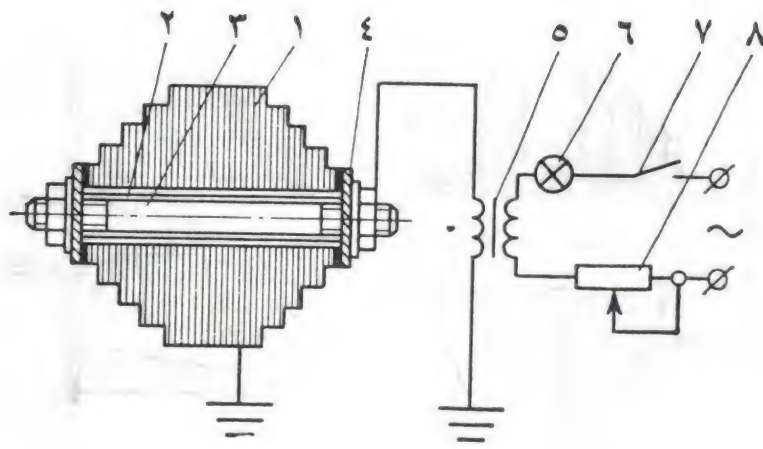


الشكل ١٣٤ - عزل عتبات النير وصبالم الشد عن الفولاذ الفعال :

أ - في الموصل المغناطيسي للمحول الذي تصل قدرته حتى ٦٣٠ كيلوفولط أمبير ، ب - في الموصل المغناطيسي للمحول الذي تصل قدرته الى ١٠٠٠ كيلوفولط أمبير واعلى ، ١ - انبوبة من الورق البيكاليتي ، ٢ - فلكات فولاذية ، ٣ - صبلمة ، ٤ - صامولة ، ٥ - فلكة من الكرتون الكهربائي ، ٦ - تسميكة من الكرتون الكهربائي سماكة ٢ - ٣ مم ، ٧ - عتبة النير ، ٨ - جلبة عازلة ، ٩ - النير

وعلى وجه الخصوص يتم التأكد في هذه المرحلة من التجميع من عزل صبالم الشد وعتبات النير للموصل المغناطيسي . وبالنسبة للمحولات التي جرى اصلاحها في ورشات الاصلاح الكهربائي، يعتبر عزل صبالم الشد وعتبات النير مقبولا اذا كانت المقاومة لا تقل عن ١٠٠ ميغاوم .

اما في مصانع الاصلاح المتخصصة وفي ورشات الاصلاح للمنشآت الكبيرة ، التي تمتلك وحدات اختبار ، فان متانة عوازل الصبالم تفحص خلال دقيقة واحدة بتيار متناوب بفلطية ٢٠٠٠ فولط . ويمكن لهذا الغرض استخدام محول الفلطية ماركة HOM بقوة ٦ او ١٠ كيلوفولط ، يوصل حسب المخطط المبين على الشكل ١٣٥ . واذا كانت حالة العوازل الجارى فحصها سليمة فان خيط المصباح ٦ لا يضيء او يتوهج بشكل ضعيف . اما اذا تم خرق العازل فان المصباح سيضيء بشكل ساطع نتيجة قصر الدائرة في الملف الثانوي لمحول الفلطية ، ونتيجة مرور تيار في هذه الدائرة وعبر خيط المصباح . وفي المخطط المذكور يمكن استبدال المصباح بمقياس امبير عادى .



الشكل ١٣٥ - مخطط اختبار عازل صلب الشد للموصل المغناطيسي :

- ١ - الفولاذ الفعال للموصل المغناطيسي ، ٢ - أنبوبة عازلة من الورق البيكاليتي ، ٣ - صلبنة الشد ، ٤ - عتبة النير الفولاذية ، ٥ - محول الاختبار ، ٦ - لمبة الاشتعال ، ٧ - مفتاح ، ٨ - مقاوم متغير

وتعتبر عملية تجميع المخطط وتوصيله هي خاتمة العمليات في المرحلة الأولى للتجميع .

تجميع المخطط وتوصيله . تكون ملفات محولات القدرة الثلاثية الاطوار المستخدمة في الوحدات الكهربائية للمنشآت الصناعية ، عادة موصولة بشكل نجمة ، فقط في الاحوال النادرة بشكل مثلث . وتوصل نهايات الملف بواسطة لحام المونة باستخدام كاو خاص للحام . ويفضل تنفيذ اللحام بمونة فضية ، غير انه في التطبيق العملي للاصلاح غالبا ما يستخدم اللحام بالمونة الرصاصية - القصديرية لوصل نهايات الملفات في المحولات ذات القدرة غير الكبيرة (٥٨٪ رصاص ، ٤٠٪ قصدير و ٢٪ زرينخ) . وتنظف نهايات الملفات بعناية ، ثم توضع على بعضها البعض بقسم طوله ١٥ - ٣٠ مم (تبعاً لمقطع الاسلاك) ، وتربط بقوس من شريط نحاسي مبيض بسماكة ٠,٢٥ - ٠,٤ مم . وفي حال غياب الشريط النحاسي يوضع في منطقة اللحام رباط سلكي من سلك نحاسي مبيض سماكته ٠,٥ مم .

ينظف القسم المراد وصله ، من الاوساخ والدهون ويعالج بالصهور ، وتستخدم القلفونة بصفة مادة صهورة عند لحام الاسلاك النحاسية للملفات بالمونة المذكورة التي تنصهر عند ٢٣٥° م .

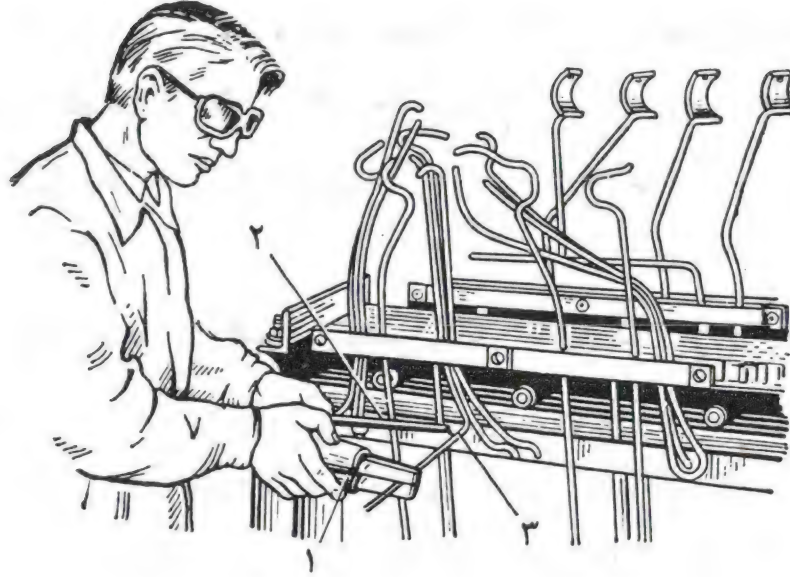
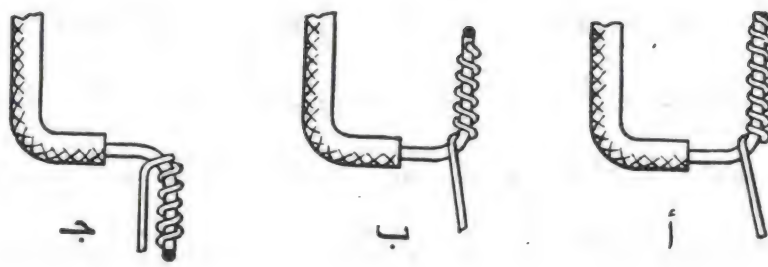
ولا تتمتع الوصلات المنفذة بالمونة القصديرية - الرصاصية بمتانة ميكانيكية وصمود عال ضد الحرارة ، لذا فهي لا تستخدم لتوصيل نهايات الملفات في المحولات ذات القدرة العالية ، وخاصة لتوصيل النهايات مع التفريعات تستخدم المونة النحاسية الفوسفورية (٩٢,٥٪ نحاس و ٧,٥ فوسفور) التي تنصهر عند ٧١٥°م ، وتنفذ عملية اللحام بهذه المونة بواسطة ملاقط اللحام . وتغطي الملفات اثناء اللحام بالواح من الكرتون الكهربائي لوقايتها من التضرر بقطرات المونة المصهورة او من التلامس العرضي معها للكواوي الحامي .

وبعد اللحام تنظف اقسام توصيلات الاسلاك من الجسيمات البارزة للمونة ، وتعزل بورق مقوى وبنسيج مشرب باللك بعرض ٢٠ - ٢٥ مم يوضع على طبقتين بتراكب نصفى ثم تغطي باللك ГФ-95 .

توصل نهايات ملفات المحول بواسطة التفريعات مع نقاط التماس في مفتاح التحويل وقضبان اىصال التيار للمآخذ . والتفريعة هي عبارة عن قطعة من سلك دائرى أو قضيب مستطيل المقطع ، يوجد على احد طرفية مخمد . ويصلح المخمد لوقاية التفريعة من الانقطاع عند تحريك القلب داخل الخزان اثناء النقل ، وكذلك للتعويض عن الانحرافات عن المسافات المطلوبة في الاتجاه الرأسى بين الموصل المغناطيسى وغطاء الخزان .

وتستخدم عادة عند الاصلاح ، التفريعات التي نزلت عن المحول عند فكه . واذا تبين ان التفريعات معطوبة لدرجة لا تصلح عندها للاستخدام اللاحق ، فيتم تصنيع تفريعات جديدة على شاكلتها من السلك الدائرى او من القضبان المستطيلة المقطع . ويتم تعليم قطعة السلك (القضيب) ومن ثم تثني بعد التسخين حتى تأخذ مكانها . ولتفريعات ملف الفلطة المنخفضة تستخدم اسلاك نحاسية عارية ، اما لتفريعات ملف الفلطة العالية فتستخدم اسلاك معزولة أو كابلات مرنة .

توصل المخمدات مع التفريعات والتفريعات مع مآخذ ملف الفلطة العالية بواسطة اللحام العادى او لحام المونة (الشكل ١٣٦ ، أ ، ب ، ج) . ويجرى لحام المونة بالتراكب بواسطة المونة الرصاصية - القصديرية او



الشكل ١٣٦ - لحام تفريعات الملف :

أ - تحضير التفريعات للحام ، ب - اللحام تم تنفيذه ، ج - التفريعة محضرة للعزل ، د - عملية اللحام ؛ ١ - ملاقط اللحام ، ٢ - ممسك بخطاف للحفاظ على القسم المراد لحامه ، ٣ - التفريعة المراد لحامها

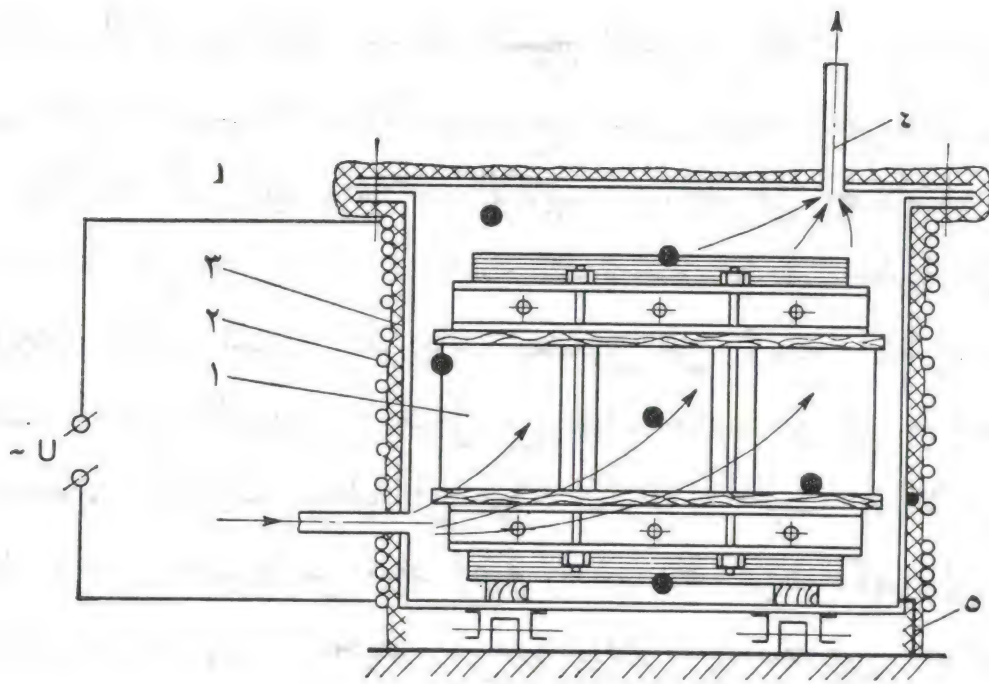
المونة النحاسية - الفوسفورية بواسطة ملاقط لحام المونة الكهربائي . ويبين الشكل ١٣٦ ، د عملية لحام تفريعات ملف الفلظية العالية ، ذات السلك الدائري .

تعزل اماكن توصيل التفريعات مع نهايات الملفات بورق مقوى او بنسيج مشرب باللك مقصوص الى شرائط عرضها ٢٥ - ٣٠ مم ، وتضفر الاقسام المعزولة بطبقة واحدة من شريط التفقا بعرض ١٥ - ٢٠ مم ، الذى يوضع بتراكب نصفى ، ثم تدهن بطبقتين من اللك ، حيث يقوم شريط التفقا والدهان باللك بحماية العازل الاساسى فى منطقة التوصيل . ولكى لا تتأكسد التفريعات ، فانها تدهن ايضا باللك بعد ان تزال الدهون عنها بالبزين (ما عدا السطوح المتماسة) . وعندما تكون التفريعات المصنوعة من السلك الدائري ، معزولة على كامل طولها بانابيب من الورق البيكالىتى ،

تعزل وصلات الانابيب فقط بواسطة النسيج المشرب باللك . ويجب الانتباه عندئذ الى عدم تطابق وصلات الانابيب مع اماكن تثبيت التفريعات بالعوارض العازلة ، والانتباه الى كون وصلات الانابيب مزاحة عن وصلات التفريعات المجاورة بما لا يقل عن ٥٠ مم . وتثبت التفريعات بعوارض خشبية على عتبات النير ، وتعزل مناطق تثبيت التفريعات بطبقتين من النسيج المشرب باللك . يجفف المحول المجمع بالكامل في افران خاصة او في خزانة الخاص بطريقة التسخين بالتيارات الحثية في فولاذ الخزان ، حيث ان الاجزاء العازلة في المحول تتألف غالبيتها من مواد ليفية (خشب ، كرتون كهربائي ، ورق) تغب بشده رطوبة الهواء المحيط ، مما يؤدي الى تخفيض خواص العزل الكهربائي لديها . وبغرض تأمين اقصى ما يمكن من المتانة الكهربائية للعازل يتعرض قلب المحول للتجفيف ، حيث تخرج الرطوبة من عازله الصلب . هناك طرق متنوعة لتجفيف المحولات : في حجرات التجفيف بالخلاء مع التسخين بالبخار ، وفي حرائن حرارية خاصة مع التسخين الكهربائي ، وبالتيارات الحثية في فولاذ الخزان ، وبالأشعة تحت الحمراء وبالنفخ بالهواء ، وبتيارات قصر الدائرة وغير ذلك . ولكل طريقة من الطرق المذكورة حسناتها وسيئاتها .

عند اصلاح المحولات في الورشات الكهربائية للمنشآت غير الكبيرة ، التي لا تمتلك معدات خاصة ، يعتبر تجفيف القسم الفعال بطريقة التسخين بالتيارات الحثية في فولاذ الخزان ، احدي أكثر طرق التجفيف استخداما . وتنحصر هذه الطريقة في انه عند مرور تيار متناوب في ملف مؤقت للتمغنت ، موضوع على الخزان ، يتشكل مجال مغناطيسي قوى ينغلق من خلال فولاذ الخزان ويسخنه . وعندئذ تسخن جميع الاجزاء المعدنية الموجودة داخل الخزان، مما تساهم بهذا في تبخر الرطوبة من عوازل الملف والموصل المغناطيسي .

تجفف عمليا الاقسام الفعالة للمحولات من الابعاد الاولى والثالثة بطريقة تسخين الخزان بالمفايد الحثية في فولاده . ويمكن تجفيف القسم الفعال في خزان المحول بالذات ، الذي يكون خاليا من الزيت او يكون حاويا

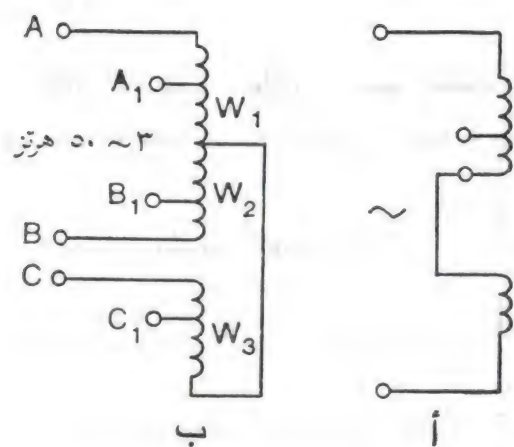


الشكل ١٣٧ - تجفيف القسم الفعال للمحول في الخزان ذاته بطريقة التسخين بالتيارات الحثية في فولاذ الخزان

على الزيت (تجفيف اولي) . ويفضل اجراء التجفيف بدون زيت كما هو مبين على الشكل ١٣٧ ، اذا كان القسم الفعال المعرض للتجفيف مصنوعاً من ملفات جديدة .

يُمسح السطح الداخلي للخزان بعناية قبل وضع القسم الفعال فيه للتجفيف . ويدفأ الغطاء جيداً منعا لتكثف الابخرة ، وتوضع سخانات كهربائية تحت قعر الخزان . وتدفاً جدران الخزان وغطاؤه ٣ عادة بطبقتين او ثلاث طبقات من نسيج الاسبستوس . ولتأمين سلامة العمل اثناء التجفيف يجب تأريض الخزان بوصله بقطعة مستعرضة ٥ مع كونتور التأريض .

توضع في ثقب الغطاء سدادات مؤقتة ، ما عدا ثقب واحد يترك لخروج الهواء الرطب من الخزان اثناء التجفيف ، حيث يستخدم لتركيب انبوب العادم ٤ ؛ وينزع الحاجز الرقي لدى المحولات المزودة بانبوبة الامان . وفوق وسائل التدفئة يوضع الملف المؤقت ٢ للتمغنط ، وهو مصنوع باسلاك معزولة بعازل من الاسبستوس الصامد للحرارة . ويمكن لهذا الملف ان يكون حسب المخطط الاحادي الطور (الشكل ١٣٨ ، أ) الكافي لتجفيف



الشكل ١٣٨ - مخططات تمغنط الملف :
أ - الاحادى الطور ، ب - الثلاثى الاطوار
الموصول بشكل نجمة

القسم الفعال للمحولات ذات الابعاد الاولى والثانية ، او حسب المخطط الثلاثى الاطوار (الشكل ١٣٨ ، ب) المستخدم لتجفيف القسم الفعال للمحولات ذات البعد الثالث . ويلف ملف التمغنط على الخزان بحيث يؤمن أكثر تسخين للقسم الفعال ، ولهذا الغرض توضع ٦٥ - ٧٠٪ من اللفات فى القسم السفلى للخزان . ويلف الملف الاحادى الطور باتجاه واحد ،

اما عند لف الملف الثلاثى الاطوار فان الاتجاهات تتناوب كما يلى : يلف الجزء العلوى للملف (الطور A) والقسم السفلى (الطور C) فى اتجاه واحد ، ويلف الجزء الاوسط (الطور B) فى الاتجاه المعاكس . وتتعلق طرق توزيع لفات ملف التمغنط بتصميم الخزان . ويحدد مقطع السلك وعدد اللفات حسابيا بعد الاخذ بعين الاعتبار امكانية الزيادة اللاحقة او الانقاص لعدد اللفات اثناء القيام بعملية التجفيف .

تؤخذ القدرة النوعية لتسخين جدران الخزان مساوية الى ١,٥ - ٢ كيلوواط/م^٢ ، اما لتسخين الخزان بالافران الكهربائية فتؤخذ بمقدار ٢,٥ - ٣ كيلوواط/م^٢ .

وبين الجدول ١٣ نظام تجفيف القسم الفعال فى خزان المحول ذاته بطريقة المفايد الحثية فى فولاذ الخزان .

وفى حال توفر المعدات المناسبة تجفف المحولات فى الافران الكهربائية او فى افران الخلاء .

وبعد انتهاء عملية التجفيف تبدأ الاعمال الانجازية للقسم الفعال فى المحول ، حيث يكبس الملف قليلا بالصبام الرأسية وتشد الصوامل على صبام شد النيرين العلوى والسفلى للموصل المغناطيسى . وبعد تنفيذ الاعمال الانجازية للقسم الفعال يتم التأكد من مقاومة

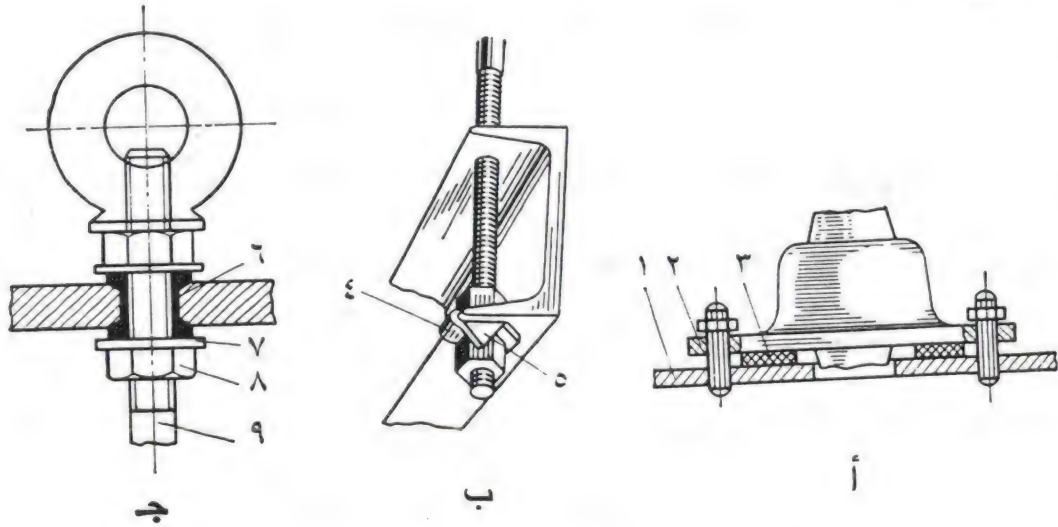
نظام تجفيف عوازل القسم الفعال للمحول بطريقة المفاهيم الحثية في فولاذ الخزان

مدة العمليات (ساعة)	درجة الحرارة، م		تسلسل وتسمية العمليات
	للجدران الخزان	للجدران الخزان	
٦-٤	٦٠	٨٠ حتى	١ - رفع منتظم لدرجة حرارة جدران الخزان بمعدل ١٠ - ٢٠ ° م كل ساعة واحدة
-	٨٠	٨٠	٢ - تشغيل تسخين الهواء القادم مع التهوية
٦-٤	١٠٥	١٢٠-١١٥	٣ - رفع منتظم لدرجة الحرارة في الخزان بمعدل ١٠ ° م لكل ساعة
٣-١	٦٠-٥٠	٦٠-٥٠	٤ - تخفيض درجة حرارة المحول
٨-٣	١٠٥	١٢٠-١١٥	٥ - رفع حرارة الهواء في الخزان وتسخين القلب
٨-٦	١٠٥	١٢٠-١١٥	٦ - الحفاظ على درجة حرارة ثابتة للقلب من اجل تحديد انتهاء عملية التجفيف
٥-٣	٨٠-٦٠	٨٠-٦٠	٧ - تخفيض تدريجي لحرارة القلب
٢-١	٨٠-٦٠	٨٠-٦٠	٨ - تعبئة الخزان بزيوت جاف ونظيف
٣-٢	٥٠-٤٠	٥٠-٤٠	٩ - تبريد المحول
-	-	٥٠-٤٠	١٠ - سحب القلب وتفحصه بعد مرور ٨-١٢ ساعة على تعبئة الزيت

ملاحظات : ١ - تعاد العمليات المذكورة في البندين ٤ و ٥ عدة مرات خلال ١٠ - ٣٠ ساعة. ٢ - تنهى عملية تجفيف العوازل، عندما لا تتغير عمليا مقاومة العوازل خلال ٦ - ٨ ساعة مع ثبات درجة حرارة الخزان ١٠٥ ° م. ٣ - يجب ان تكون درجة حرارة القلب عند فحصه اعلى بمقدار ١٠ - ٢٠ ° م من درجة حرارة الهواء المحيط.

عوازل الملف وعوازل صبالم الشد ، وعوازل عتبات النير ، ومن ثم ننقل الى عمليات المرحلة الثانية لتجميع المحول .
عند تجميع المحولات الخالية من الموسعات ، التي تقع مأخذها على

جدران الخزان ، ينزل اولا القسم الفعال فى الخزان ، وتركب المآخذ وتوصل تفريعات الملف معها ومع مفتاح التحويل ، ومن ثم يركب الغطاء على الخزان .
تركب اغطية المحولات التى تقل قدرتها عن ٦٣٠ كيلوفولط أمبير ، على صبالم الرفع للقسم الفعال ، وتزود بالاجزاء اللازمة ، اما بالنسبة للمحولات ذات القدرة الأكبر فتزود اغطيتها بما يلزم بشكل منفصل وتركب بحالتها المجمعة بالكامل على صبالم الرفع للقسم الفعال او على الخزان . وعند استخدام هذه الطريقة يعار انتباه خاص على صحة وضع موصلات الاحكام (الجوانات) ، وعلى مدى متانة شد الصوامل ، وعلى صحة توصيل التفريعات مع المآخذ ومفاتيح التحويل ، وعلى صحة تنفيذ موصلات الاحكام التى تستثنى امكانية تهريب الزيت .



الشكل ١٣٩ - طرق التنفيذ لبعض أعمال تجميع المحولات :

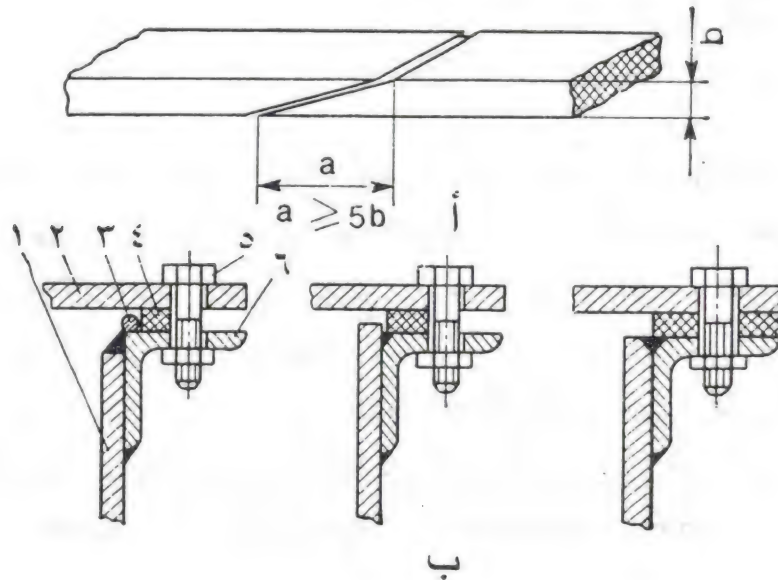
أ - تركيب موصل الاحكام المطاطى تحت شفة المدخل ، ب - تركيب الفلكة التى تمنع الحل الذاتى للصامولة على الطرف السفلى لصبلمة الرفع ، ج - احكام الطرف العلوى لصبلمة الرفع فى مكان مرورها عبر غطاء المحول ؛ ١ - غطاء المحول ، ٢ - شفة المدخل ؛ ٣ - موصل احكام من المطاط الصامد ضد الزيت ، ٤ - ثنى الفلكة التشكيلية على عتبة النير ، ٥ - ثنى زاوية الفلكة على جانب الصامولة ، ٦ - موصل احكام من خيط الاسيستون المشرب باللك ، ٧ - فلكة دائرية ، ٨ - صامولة ، ٩ - صبلمة الرفع

ويبين الشكل ١٣٩ اساليب تنفيذ بعض العمليات الجارية اثناء التجميع . فعند تركيب الصبالم يتم ضبط طولها بحيث يتركب الغطاء والقسم القابل للترع من الموصل المغناطيسى ، كل منهما فى مكانه . فاذا كانت الصبالم

قصيرة ، فان الموصل المغناطيسي لا يصل الى قعر الخزان ويتعلق على الصبالم ، اما اذا كانت الصبالم طويلة فان الغطاء لا يصل الى اطار الخزان ويتشكل خلوص بينهما . ويتحدد الطول الضروري لصبالم الرفع بواسطة لاطة خشبية ، يقاس بواسطتها عمق الخزان ، فتحدد بذلك المسافة الكائنة بين النقطة السفلية لمسند الموصل المغناطيسي الى موضع الصامولة السفلية مع الفلكة الموجودتين على الطرف العلوى للصبلمة. ويتم ضبط طول الصبالم عن طريق تحريك الصوامل عليها . وتشد اما كن تثبيت الصبالم مع عتبات النير بعناية فائقة .

ويربط القسم القابل للترع مع الغطاء المثبت معه بواسطة كابلات الرفع التى تعلق على حلقات الرفع ، ثم يرفع بواسطة رافعة وينزل ببطء داخل الخزان ، مع مراعاة اجراءات الحذر عندئذ ، لتجنب الحاق الضرر بالعاملين او ايداء بعض اقسام المحول .

يوضع بين الغطاء واطار الخزان موصل احكام مصنوع من المطاط الصفيحي الصامد ضد تأثير الزيوت ، بسماكة ٦ - ١٢ مم . ويقص طرفا موصل الاحكام بشكل مائل ليشكل وصلة تناكبية (الشكل ١٤٠ ، أ) .



الشكل ١٤٠ - تأمين احكام الخزان بواسطة موصل احكام من المطاط الصامد ضد الزيت :
 أ - طريقة تنفيذ الوصلة التناكبية لموصل الاحكام ، ب - طرق تركيب موصل الاحكام ،
 ١ - جدار الخزان ، ٢ - غطاء ، ٣ - محدد من سلك فولاذى قطره ٣ - ٥ مم ، ٤ - موصل
 احكام مطاطى ، ٥ - لولب ، ٦ - اطار الخزان

ويركب موصل الاحكام فى مكانه باحدى الطرق المبينة على الشكل ١٤٠ ،
ب ، التى تستثنى امكانية ضغطها وبثقها داخل الخزان . وعند استخدام
موصلات الاحكام للمحولات حسب الطريقتين المبينتين على الرسمين
الاوليين ، تؤخذ ابعاد موصلات الاحكام تبعا لأبعاد اطار الخزان .

ولكى لا يزاح موصل الاحكام عند تركيب الغطاء ، تشد اللوالب
بانتظام على كامل المحيط ؛ ومن ثم تركيب على الغطاء حوامل زاوية يركب
عليها الموسع باللوالب ، ويركب مؤشر الزيت عليه . وتثبت انبوبة الامان
على الغطاء ، بعد الفحص المسبق لسلامة الحاجز الرقى الزجاجى واحكام
تركيبه على نهاية الانبوبة . ويوضع موصل احكام من المطاط الصامد لتأثير
الزيت بين الشفة السفلية للانبوبة وغطاء المحول . وبعد ذلك يوضع المرّحل
وصمام الامان الصهور (القابل للخرق) .

وبعد الانتهاء من تجميع المحول ، ومباشرة قبل تعبئته بالزيت تفحص
مرة ثانية متانة عوازل الملف بواسطة مقياس اوم على فلطية قدرها ١٠٠٠ فولط .
يملاً المحول بزيت المحولات الجاف الذى يتمتع بالمتانة الكهربائية
الموافقة ، حتى المستوى المطلوب ، الذى يتحدد بموجب علامتين على
مؤشر الزيت الكائن فى الموسع . وبعد ملء المحول بالزيت ، يتم التأكد
من احكام الحنفيات والوصلات والاجزاء المركبة على الغطاء ، وكذلك التأكد
من عدم تسرب الزيت من دروز اللحام والوصلات الموجودة .

وفى حال غياب العيوب التى تعيق العمل الطبيعى والمأمون ، يتم تعريض
المحول للاختبارات الكهربائية . وتجرى الاختبارات على المحولات التى
تعرضت للاصلاح العام (العمر) ، اثناء القيام بعملية الاصلاح وبعده .

اثناء عملية الاصلاح ، يتم التأكد من عدد لفات الملف بعد تصنيعه ،
ومن عدم وجود انقطاع او قصر دائرة بين اللفات . وبعد الانتهاء من المرحلة
الاولى للتجميع (تجميع القسم القابل للنزع من الخزان) ، توصل الملفات
مؤقتا حسب المخطط ، ويحدد معامل التحويل فى جميع التفريعات وفى
مجموعة توصيلات الملف ، وكذلك يتم اختبار عوازل صبالم الشد . وبعد
التجميع النهائى ، وقبل تجفيف القلب يحدد مرة ثانية معامل التحويل ويتم

فحص مجموعة توصيلات الملفات وتقاس مقاومة عوازلها ، ولمراقبة جودة التماسات والوصلات الملحومة بالمونة يتم التأكد من مقاومة الملفات للتيار المستمر . واثناء عملية التجفيف تقاس مقاومة العوازل ومدة التجفيف ودرجة حرارته ، وبالإضافة الى ذلك يقاس مقدار التخلية عند التجفيف فى الخلاء ، وكذلك كمية التكثفات .

ويتعرض المحول الخارج من الاصلاح الى اختبارات يتحدد حجمها ومعدلها ونظام تنفيذها بموجب المقاييس الحكومية (ستاندار) . وتهدف اختبارات المحولات بعد الاصلاح الى التأكد من خصائصه الكهربائية ، وجودة الاعمال المنفذة اثناء الاصلاح .

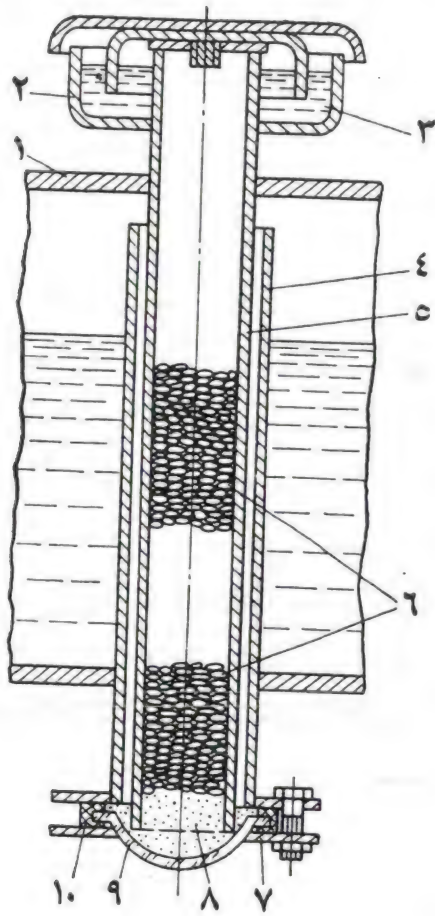
تسجل نتائج جميع الاختبارات فى محاضر تبين فيها كذلك اجهزة القياس والطرق المستخدمة عند القيام بالاختبارات . وهذه المعطيات ضرورية لمقارنة النتائج الحاصلة مع نتائج الاختبارات التى جرت فى أوقات مختلفة قبل الاصلاح المعنى للمحول . ويجب حتما تنفيذ الاختبارات على المحولات الخارجة من الاصلاح ، بكامل حجمها وحسب البرنامج الذى تستدركه الاصول والقواعد السارية المفعول .

بعد القيام بالاختبارات الكهربائية ، وبعد التأكد من تطابق المحول الذى تم اصلاحه مع متطلبات الاصول السارية المفعول ، يجب التأكد من وجود المعطيات الفنية والتسجيلات على المحول ، حيث غالبا ما يتبين انها مفقودة من المحولات التى تم اصلاحها ، او تأكلت اثناء القيام بالاصلاح . ويجب ان تثبت على المحول لوحة صغيرة يذكر فيها اسم المصنع الصانع ، وفى حال غيابه يذكر اسم منشأة الاصلاح . ويجب ان يحفر على اللوحة رقم المحول ونوعه ، وتاريخ تصنيعه (اصلاحه) ، والمواصفات الفنية الكهربائية .

وتكتب بالدهان على غطاء المحول او جدار الخزان فى المحول الزيتى ، الرموز الحرفية لمتأخذ ملف الفلظية العالية ولمتأخذ الفلظية المنخفضة . يوضع مفتاح التحويل فى الوضع الاوسط وتشد لوابل الايقاف على قلنسوة موصل الاحكام لجهاز تحريك مفتاح التحويل ، وتثبت لوحة صغيرة على

القلنسوة بواسطة تباشيم ، يكتب عليها : «انتباه! راجع التعليمات عند استخدام مفتاح التحويل» .

يركب تماس التأسيس (لولب مبيض قطره M12 مع فلكتين) في صفيحة ملحومة مع جدار الخزان . وتوضع الكلمة «أرض» بشكل واضح لا يمكن مسحه ، او اشارة اصطلاحية تدل على التأسيس .
يوضع صمام الامان على غطاء الخزان او جداره في المحول الزيتي ،



الذى تكون فيه فلطية الملف ٠,٦٩ كيلوفولط . واذا كانت فلطية ملف الجهد العالى ٠,٢٣ و ٠,٤ كيلوفولط ، فيركب صمام الامان بناء على طلب الزبون .

ان مصفاة الهواء ذات الصمام الزيتي (الشكل ١٤١) تشحن ببجل السليكا ، ويملاً الصمام بزيت المحولات .

توضع ثلاث شروطات بموجب شابلونة على جدار الموسع من جهة مؤشر الزيت ، توافق مستوى النويت في المحول غير العامل ، عند درجة حرارة الزيت - ٤٥ ، + ١٥ ، + ٤٠ م .

ويكتب على جدار الخزان المزود بمشعات قابلة للفلك ، بموجب شابلونة ، العبارات التالية : «لا تفتح الحنفية دون فك السدادات» ،

و «عند ملء المحول بالزيت ، يجب تفريغ الهواء من المشعات ، بعد فك السدادات العلوية فيها» .

الشكل ١٤١ - مجفف الهواء :

- ١ - اسطوانة الموسع ، ٢ - صمام زيتي ،
- ٣ - زيت ، ٤ - انبوب خارجي مشفه ،
- ٥ - انبوب داخلي ، ٦ - جل السليكا
- الحبيبي ، ٧ - شفة ، ٨ - جل السليكا -
- المؤشر ، ٩ - قلنسوة من الزجاج العضوي ،
- ١٠ - موصل احكام مطاغي

تعرض الاقسام الناقلة للتيار من المآخذ ، ولولب التأريض ولوحة المصنع ، الى عملية التخزين بواسطة الشحم (الفازلين الصناعى) . ويغطى القسم العلوى للأسطوانة التى يوضع فيها ميزان الحرارة او المؤشر الحرارى ، بسدادة خشبية . ويعاد دهان جميع الاماكن فى الخزان والغطاء ، حيث تضرر الدهان ، ويتم ترصيص جميع الحنفيات والسدادات المخصصة لأخذ عينات الزيت ولتفريغ الزيت من الخزان والموسع .

يراقب تنفيذ العمليات المذكورة اعلاه من قبل قسم الرقابة الفنية ، ويمكن اعتبار المحول صالحا للاستثمار بعد التنظيم المناسب لمحضر استلام المحول .

أسئلة للمراجعة

- ١- تحدث عن تصنيع الاجزاء العازلة عند اصلاح المحول .
- ٢- ما هو تسلسل لف الملف الاسطوانى المتعدد الطبقات ؟
- ٣- ما هى خصائص عزل اللفات الطرفية للملف الاسطوانى ؟
- ٤- تحدث عن خواص لف الملف المتواصل .
- ٥- ما هى خصائص لف الملفات الحلزونية ؟
- ٦- كيف تنفذ تفريعات الملف ؟
- ٧- لماذا نقوم بتجفيف وتشريب وشوى ملفات المحول ؟
- ٨- تحدث عن خصائص اصلاح الملفات فى محولات القياس .
- ٩- ما هو تسلسل فك وتجميع المحولات ؟

الباب التاسع :

تكنولوجيا اصلاح الملفات فى الهكناات الكهربائية

البند ٤٨ - التحضير لاصلاح الملف

سنتحدث فى هذا الباب عن طرق اصلاح الاعضاء الساكنة والاعضاء الدوارة ، وكذلك وشائع الاقطاب ، بواسطة الفك الكامل للملفات المعطوبة واستبدالها بملفات جديدة . وقد بينت الخبرة العملية على مدى سنوات طويلة

لاستثمار المكنات الكهربائية التي جرى اصلاحها عن طريق الاصلاح الجزئى للملفات وخاصة ملفات التثريل ، ان هذه المكنات تتعطل مجددا وبشكل سريع . وينجم ذلك عادة بسبب الحاق الاذى اثناء الاصلاح بعازل القسم غير المعطوب من الملف ، الذى لم يتعرض للاصلاح ، وكذلك بسبب عدم تطابق الجودة وعمر الخدمة لدى العازل القديم والعازل الجديد . ولذا يفضل ، عند اصلاح المكنات الكهربائية الحاوية على ملف معطوب ، القيام باستبدال الملف بكامله ، وفى بعض الحالات فقط يتم الاصلاح عن طريق استبدال الوشائع المعطوبة ، وذلك عند اصلاح المكنات الضخمة والحاوية على ملفات مصنوعة من السلك ذى المقطع المستطيل .

توجد فى المصانع المتخصصة للاصلاح الكهربائى ، وفى الورشات الكبيرة للاصلاح الكهربائى ، مجموعة من العاملين الفنيين والمهندسين ، تدخل ضمن مهامها مهمة تنظيم الوثائق الفنية الضرورية لاصلاح ملفات المكنات الكهربائية ، وترد هذه الوثائق الفنية بشكل جاهز الى العمال المتخصصين بتنفيذ عمليات تكنولوجية معينة . وخلافا لذلك ، فان عامل الاصلاح الكهربائى وعامل اللف فى ظروف الورشات الصغيرة ، عليه ان يقوم بنفسه بتنفيذ مجمل الاعمال المتعلقة باصلاح ملف المكنة الكهربائية . وفى هذه الحالة يجب على العامل قبل بدء الاصلاح تنظيم مخطط الملف مع تسجيل معطيات اللف التى يجب ان يذكر فيها نوع المكنة الكهربائية ، وقدرتها والفلطية المقدرة ، وعدد دورات العضو الدوار ، ونوع الملف وخصائصه التصميمية ، وعدد لفات الوشاعة (القطاعات) وعدد الاسلاك فى كل لفة ، وماركة سلك اللف وقطره ، وخطوة الملف ، وعدد الفروع المتوازية ، وعدد الوشائع فى المجموعة الوشائية ، ونظام تتابع الوشائع ، ومرتبة العازل (حسب صموده للحرارة) ، وكذلك المعلومات الاخرى المتعلقة بطريقة تصنيع الملف وتصميمه .

عند تنظيم مخطط الملف وتسجيل معطيات اللف ، يجدر بنا ان نستخدم الالبومات النموذجية والمراجع والكاتالوجات ، وكذلك المعطيات التى نحصل عليها عند فك الملف فى المكنة الجارى اصلاحها .

وعند القيام باصلاح المكنات الكهربائية ذات التصميم القديم ، لا بد لنا قبل البدء بفك الملف ، من اخذ جميع معطيات الملف من الواقع قدر الامكان (قطر السلك وماركته ، عدد الاسلاك فى المجرى ، خطوة الملف حسب المجارى وغير ذلك) ، وكذلك رسم مخططات يدوية (كروكي) للأقسام الجبهية وترقيم المجارى . وقد تكون هذه المعطيات الاولى ، هي المعطيات الوحيدة المتوفرة عند اصلاح الملف ، وذلك لانه من الصعب جدا العثور فى المراجع على معلومات عن تصاميم المكنات القديمة الصنع . واذا لم تتوفر المعطيات عن الملف القديم فى المكنة الجارى اصلاحها ، او اذا لزم تغيير الملف اثناء الاصلاح (تنفيذ الملف بعدد آخر من الأقطاب وغير ذلك) ، فانه لا بد من حساب معطيات الملف الاساسية ، وهذا يمكن القيام به على اساس المعلومات الواردة فى الباب الثانى عشر . وبالإضافة الى ذلك ، ففى مثل هذه الحالات يحتاج الامر الى تحديد الابعاد التصميمية الرئيسية لعناصر الملف عن طريق الحساب .

وبالنسبة لأكثر ملفات التنزيل الثنائية الطبقات انتشارا ، يمكن ان يحدد الطول (بالملم) للقسم الجبهى للوشية (القطاع) بشكل تقريبي بموجب الصيغة : $l_{fr} = KT + 20$

حيث T - العرض المتوسط (مم) للوشية (القطاع) فى المجارى ؛
 K - معامل تؤخذ قيمته من الجدول ١٤ .

الجدول ١٤

قيمة المعامل K الوارد فى الصيغة المذكورة اعلاه ، لتحديد طول القسم الجبهى لملف التنزيل الثنائى الطبقات

قيمة المعامل		عدد الاقطاب	قيمة المعامل		عدد الاقطاب
عندما يكون القسم الجبهى ملفوفا بشريط	عندما لا يكون القسم الجبهى ملفوفا بشريط		عندما يكون القسم الجبهى ملفوفا بشريط	عندما لا يكون القسم الجبهى ملفوفا بشريط	
١,٧٥	١,٤	٦	١,٤٥	١,٢	٢
١,٩	١,٥	٨ وأكثر	١,٥٥	١,٣	٤

يتحدد العرض المتوسط T للوشية (القطاع) في المجارى ، حسب قوس الدائرة المارة عبر اواسط هذه المجارى والتي يعادل قطرها بالنسبة للعضو الساكن لمجموع القطر الداخلى D_i وارتفاع المجرى h_{ch} ، وبالنسبة للعضو الدوار يعادل القطر للفرق بين القطر الخارجى D_i وارتفاع المجرى h_{ch} ، اى $T = \pi (D_i \pm h_{ch}) y / z$ ، حيث y - خطوة الملف حسب المجارى ؛ z - العدد الكلى لمجارى القلب .

يمكن تحديد طول القسم الجبهى للملف الاحادى الطبقة بموجب الصيغة التقريبية $l_{fr} \approx 1,4\tau + \sigma$ ، حيث τ - التقسيم القطبى ؛ δ - البعد المتعلق بحجم المكنة ، ويؤخذ من ٢٠ الى ٥٠ مم .

ويكون الطول الكلى للفة المتوسطة في الوشية (القطاع) $l_w = 2(l + l_{fr})$ ، حيث l - طول المجرى الذى يتحدد عن طريق قياس القلب .

غالبا ما نضطر عند اصلاح الملفات الى استبدال الاسلاك من الماركات والمقاطع المفقودة بما هو متوفر ، ولهذه الاسباب يستبدل سلك ما بسلكين او عدة اسلاك يكون مجموع مقاطعها مكافئا للسلك المطلوب . وعند تبديل اسلاك الملفات فى المكنات الجارى اصلاحها ، يجب قبل بدء لف الوشائع التأكد من معامل امتلاء المجرى $K_{f.ch}$ بموجب الصيغة $K_{f.ch} = nd_{is}^2 / (S_{is} - S_{ch})$ ، حيث n - العدد الكلى للموصلات فى المجرى ؛ d_{is} - قطر السلك المعزول ، مم ؛ S_{is} - المساحة الاجمالية لمقطع المواد العازلة فى المجرى (التساميك ، علب المجارى والاسفين) ، مم^٢ ؛ S_{ch} - مساحة مقطع المجرى ، مم^٢ .

ويجب ان يكون معامل امتلاء المجرى فى حدود ٠,٧ - ٠,٧٥ ، فاذا كان المعامل أكبر من ٠,٧٥ سيصعب تنزيل اسلاك الملف فى المجارى ، اما اذا كان المعامل اقل من ٠,٧ فان الاسلاك تتوضع فى المجارى بشكل غير متراس ، وما هو اهم من ذلك ، لا تكون المكنة مستثمرة بالكامل . ومن اهم نواحي التحضير لاصلاح الملف يعتبر التأكد من توفر الكميات اللازمة من أسلاك اللف ومواد العزل وغيرها ، وكذلك التأكد من توفر المعدات والعدد والنبائط وأجهزة القياس .

ومن الضروري قبل كل شيء ، نزع الملف المعطوب القديم ، قبل البدء بوضع الملف الجديد في قلب المكنة الجارى اصلاحها . ولتسهيل اخراج الملف القديم من المجارى ، توضع الاعضاء الساكنة والاعضاء الدوارة في الفرن الكهربائى ، وذلك بعد تنظيفها من الخارج ونفخها بالهواء المضغوط ، حيث تكون درجة حرارة الفرن حوالى ٣٥٠°م . وتبقى القلوب مع المنف القديم في الفرن لمدة ٤ - ٦ ساعات ، تفقد بعدها الاسافين وعوازل المجارى واللفات متانتها الميكانيكية ، وينزع الملف بسهولة على اجزاء . وفي حال عدم توفر الفرن الكهربائى يسمح بحرق العوازل عن طريق تسخين الملف بتيار من محول منخفض الفلطية ، ولا بد عندئذ من مراقبة درجة حرارة الفولاذ الفعال بحيث لا تزيد عن ٣٥٠°م .

ويجرى تحطيم عازل الملف القديم بطريقة كيميائية ايضا ، بتغطيس القلب مع الملف في حوض يحوى على محاليل خاصة ، حيث يبقى هناك حتى يتحطم عازل الملف القديم ويتسنى نزع الملف بسهولة من المجارى على اجزاء . وبعد ذلك يجب غسل القلب مع الملف بعناية بمياه جارية ، وبعد ذلك فقط يجب البدء بتنزع الملف .

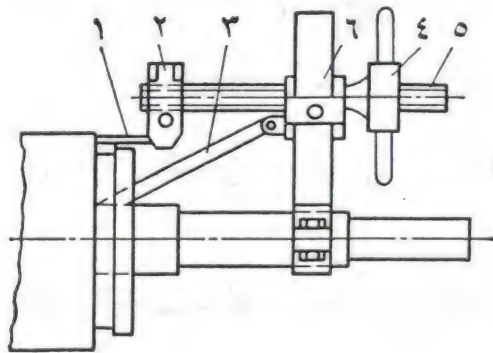
وفي تلك الحالات التى لا نتوقع فيها الاستخدام المتكرر لأسلاك الملف القديم ، تقص أقسامه الجبهية بالمنشار او على المخرطة ، او تقطع بالازميل . وبعد نزع الملف القديم تنظف الاعضاء الساكنة والاعضاء الدوارة واعضاء الانتاج فى المكينات الضخمة من الزيوت والاوزاخ بالغسل من مرتين الى ثلاث مرات ويتم مسحها بالخروج . اما الاعضاء الساكنة والاعضاء الدوارة فى المكينات الصغيرة والمتوسطة فتغسل فى حوض يحوى على محلول ٢-٣٪ من الصودا الكلسية (خلال ١٠ - ١٥ دقيقة) ، ثم تغسل فى مياه ساخنة جارية . وفى منشآت الاصلاح الكبيرة تستخدم مكينات غسل خاصة .

وعند الحاجة الى فك الملفات القضيبيية لاعضاء الانتاج والاعضاء الدوارة الطورية ، انها تنظف من الخارج ثم تنفخ بالهواء المضغوط ، وبعد ذلك يفك لحام الاربطة وتلف هذه الاربطة بعد نزعها ، ثم تنزع الاطواق التى

توصل نهايات (رؤوس) القضبان بعد فك لحامها ، ثم تنثنى الاقسام الجبهية لقضبان الطبقة العلوية للملف ، وتوضع علامة على القضبان والمجارى ، ثم تنزع قضبان الطبقة العلوية ، ومن ثم تنثنى الاقسام الجبهية للقضبان فى الطبقة السفلية وتنزع هذه القضبان بعد تعليمها .

وينزع سلك التريبط بحيث يصبح بالامكان استخدام السلك مرة ثانية ، الذى يلف على طنبور خشبى ، دون السماح بالتراكب او تشكيل التجعيدات . ولتنظيف السلك من آثار مونة اللحام ، فانه يسخن ويمسح بخرقة مع القلفونة .

وتستخدم كذلك مجددا القضبان النحاسية للملف ، ولذلك يجب العناية بها . ويفك لحام الاطواق بكاوى اللحام أو بالقوس الكهربائى ، وتفحص الاطواق بعد نزعها بالكشف الخارجى ثم تحدد صلاحية استخدامها مجددا . وبعد ذلك تنظف نهايات القضبان من آثار مونة اللحام ، والا يصعب نزعها من المجارى ، وبعدها يتم البدء بتقويم الاقسام الجبهية من احد طرفى القلب . ولا يجوز عندئذ التقويم الفورى للقسم الجبهى للقضيب الاول ، وذلك لان الاقسام الجبهية للقضبان الاخرى تقع بجواره . ولذا يجرى تقويم القضيب الاول فقط بالمقدار الذى تسمح به المسافة بين القضبان . ويمكن بعدئذ تقويم القضيب الثانى بضعف هذه المسافة ، وتقويم القضيب الثالث بثلاثة اضعاف هذه المسافة وهكذا . ونستمر فى الاحاطة بدائرة القلب حتى تصبح الاقسام الجبهية مستقيمة .



الشكل ١٤٢ - نبيطة لسحب
القضبان من المجارى

وتستخدم نبائط خاصة لسحب القضبان من المجارى ، حيث يركب الطوق ٦ للنبيطة المبينة على الشكل ١٤٢ على عنق عمود الدوران الملفوف بالكروتون ، ثم يشد باللواب ، وتصلح العارضة ٣ لمنع تحرك النبيطة على طول العمود ، ويثبت طرف القضيب ١ فى المقمط ٢ ، ثم نبدأ بتدوير

قبضة الصامولة ٤ . عندئذ يتحرك البرغى ه حركة مستقيمة ويجر القضيب وراءه ، ويتصل البرغى مع الطوق بواسطة خابور يمنعه من الدوران . وبعد نزع جميع القضبان من المجارى يجب الكشف على القلب لانه قد تنطعج اسنانه اثناء الفك .

تنظف القضبان بعد نزعها من العازل القديم ، ومن ثم تلدن ، وذلك لان القضبان النحاسية اثناء الشنى تصبح هشة ، ويمكن حدوث تشققات عند الشنى مرة ثانية ، ولتلدين القضبان يجب تسخينها حتى ٤٠٠ - ٤٥٠°م وتبريدها فى الماء . وبعد ذلك تنظف القضبان من الصدأ وتفحص بعناية ، ثم يجرى تقويم القضبان السليمة ، اما القضبان المتضررة فيفضل تبديلها بقضبان جديدة . واذا لم تتوفر قضبان بالابعاد المطلوبة ، تلحم الشقوق فى القضبان المعطوبة بمونة فضية او بمونة صلبة . اما الاعطال الطفيفة والاماكن المحترقة فيمكن لحامها بمونة طرية اذا كانت لا تزيد عن ٥٪ من مقطع القضيب ، وذلك تجنباً للاحاق الاذى بالعوازل باطراف الحفر الموجودة على القضيب .

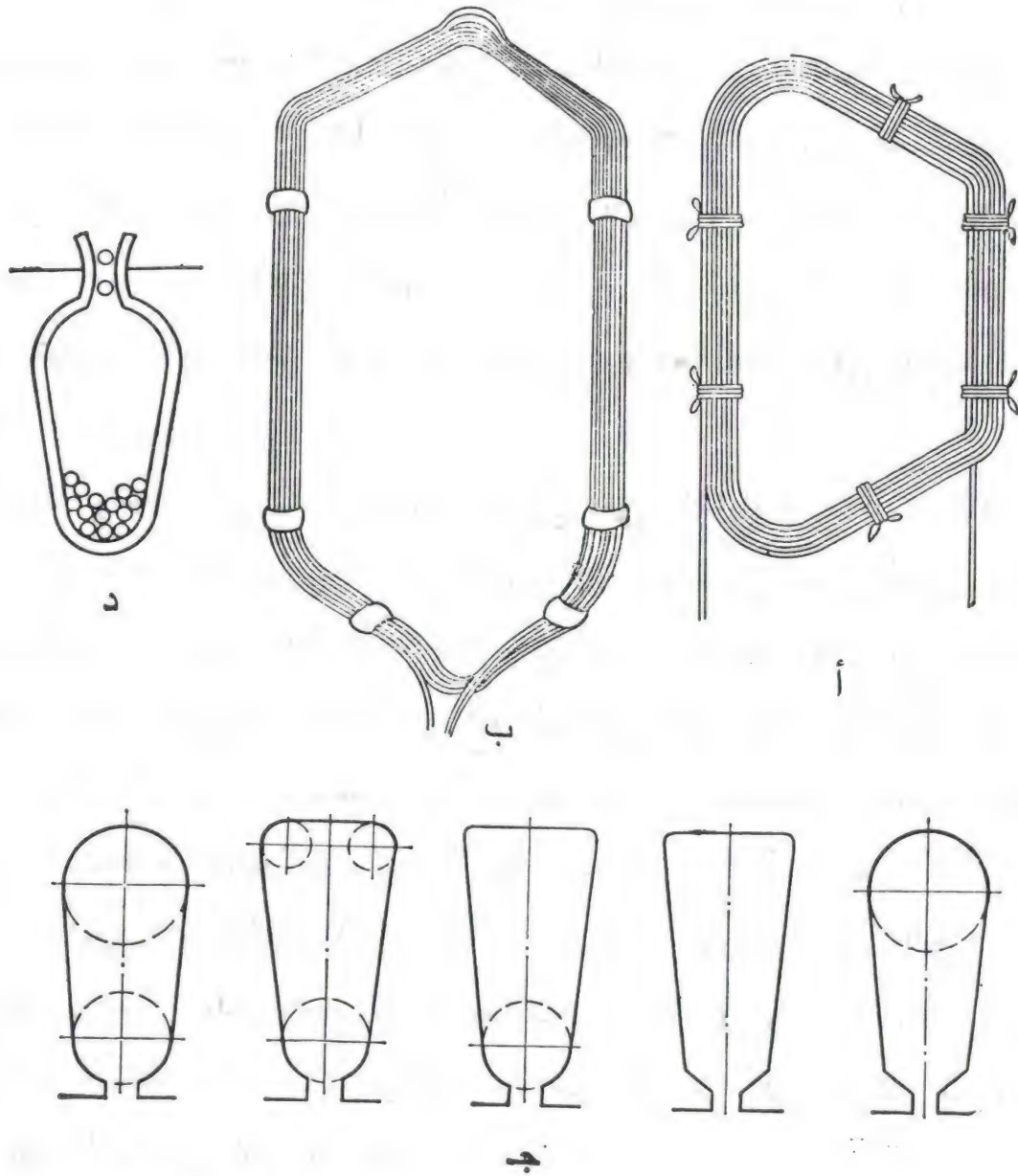
وبعد نزع الملف القديم من مجارى القلب ، يغسل هذا القلب بعناية وينفخ بالهواء المضغوط ، وبعدئذ يتم التأكد من تكبيس صفائح القلب وعدم وجود صفائح بارزة فى المجارى ، وعدم وجود روايش ، ويتم التأكد من نظافة أقنية التهوية . وعند الضرورة تسوى اسنان القلب ، وتنزع الروايش وتنشر الصفائح البارزة داخل المجرى ، وبعد ذلك ينظف القلب بعناية ويغسل ويمسح وينفخ بالهواء المضغوط .

ان الاعضاء الساكنة والاعضاء الدوارة واعضاء الانتاج التى تم تحضيرها على هذا المنوال ، ترد الى قسم اللف حيث توضع فيها ملفات جديدة .

البند ٤٩ - ملفات التنزيل للاعضاء الساكنة فى المكنات العاملة بالتيار المتناوب

يتعلق تصميم الملف بقدرة المكنة وفلطيتها ، وبشكل مجارى قلبها ، وبالمخطط المعتمد للملف .

تكون جميع اسلاك الملف معزولة عن بعضها البعض وعن هيكل المكنة ،
ويقوم عازل السلك بذاته بدور عازل اللفة في الملفات المصنوعة من اسلاك
لف معزولة . اما تصميم عازل الهيكل (المجارى) فيمكن ان يكون مختلفا
تبعا لشكل المجرى وفلطفية الملف ، وغالبا ما يكون هذا العازل على شكل
علبة المجارى المصنوعة من المادة العازلة والتي تنزل في المجرى .
ولقد حظيت ملفات التنزيل المؤلفة من وشائع (قطاعات) طرية ملفوفة
بسلك معزول دائرى المقطع (الشكل ١٤٣ ، أ و ب) بأوسع استخدام في



الشكل ١٤٣ - وشائع ومجارى ملفات التنزيل :

أ - وشيعة ملف التنزيل احادى الطبقة ، ب - وشيعة ملف التنزيل ثنائى الطبقة ، ج - انواع
مختلفة للمجارى النصف مغلقة بشكل شبه منحرف ، لملفات التنزيل ، د - تنزيل اسلاك ملف
التنزيل فى المجرى

الاعضاء الساكنة للمحركات الكهربائية اللامتزامنة والمولدات المتزامنة التي تصل قدرتها حتى ١٠٠ كيلوواط بفلطية تصل حتى ٦٦٠ فولط ، وهي تشكل الكمية الأساسية للمكنات الواجب اصلاحها .

وتتمتع عادة ، القلوب المحسوبة على مثل هذه الملفات بمجارج نصف مغلقة شكلها على هيئة شبه منحرف (الشكل ١٤٣ ، ج) ، وتوضع (تنزل) اسلاك القطاعات واحدا واحدا في مجارى العضو الساكن عبر شقوقه (اخايدده) . ويجب ان يكون قطر السلك الذى سينفذ منه الملف ، بحيث يمر بحرية عبر الاخدود مع حساب سماكة العازل «البارز» للمجرى .

وبقصد عدم تعقيد تنفيذ عملية لف الملف ، يجب ان تكون الوشائع طرية بما فيه الكفاية ، ولذا نادرا ما يستخدم هنا السلك النحاسى الذى يزيد قطره عن ١,٨١ مم ، والسلك الالومينيومى الذى يزيد قطره عن ٢,٢٦ مم . فاذا كان الملف بمقطع أكبر ، فعندئذ يلف من ٢-٣ (احيانا ١٢) اسلاك متوازية ذات قطر اصغر ، تلحم عادة مع بعضها فى بداية المجموعة الوشائية ونهايتها .

تلف الوشائع الطرية لملفات التنزيل على الشابلونة . فاذا كان الملف يتألف من عدة اسلاك متوازية ، فان اللف ينفذ من عدة طنابير (بكرات) فى آن واحد . وتلف عادة المجموعة الوشائية بكاملها دون قطع الاسلاك ، مما يحول دون ضرورة توصيل الوشائع لتشكيل مجموعات وشائية بعد تنزيل الملف فى المجارى ، ويبسط جدا عملية تجميع المخطط . ولف المجموعة الوشائية تستخدم شابلونات لها كمية مناسبة من الميازيب (لكل وشيعة ميزابها) . وفى المكنات ذات القدرة الصغيرة يلف احيانا الطور بكامله الذى يتألف من عدة مجموعات وشائية . وقد وردت اوصاف المكنات والشابلونات المخصصة للـ و شائع ملفات التنزيل فى الباب السادس ، ومبينة على الشكلين ٨٣ و ٨٤ .

يتألف عازل الهيكل عادة لملفات التنزيل ، من المواد العازلة التى تغطى المجرى بطبقة واحدة او عدة طبقات التى تشكل ما يسمى بعلبة المجارى ، ذات المقطع العرضى بشكل U . ويتم ادخال علب المجارى (الاسطوانات)

عازل المجارى لملف التنزيل أحادى الطبقة فى الاعضاء الساكنة ،
فى المكنات ذات التصميم القديم ، العاملة بفلطية تصل حتى ٦٦٠ فولط

الترتيب ١٤٤٤ ١٤٤٤ ١٤٤٤	المادة	عدد الطبقات			سماكة العازل ، مم	
		السماكة ، مم	بالعرض	بالارتفاع	بالعرض	بالارتفاع

الدرجة A ، تنفيذ عادى

١	نسيج زجاجى	٠,٢	٢	٢	٠,٤	٠,٤
٢	كرتون كهربائى ØB	٠,٢	٢	٢	٠,٤	٠,٤
٣	كرتون كهربائى ØB	٠,٥	—	١	—	٠,٥
٤	اسفين (بلوط ، بتولا)	لا أقل من ٢,٥	—	١	—	—
مجمل ما فى المجرى ما عدا الاسفين						
					٠,٨	١,٣

الدرجة E ، تنفيذ عادى

١	كرتون كهربائى مغلف	٠,٢٧	٢	٢	٠,٥٤	٠,٥٤
٢	—	—	—	—	—	—
٣	كرتون كهربائى مغلف	٠,٢٧	—	١	—	٠,٢٧
٤	اسفين (تكستوليت)	لا أقل من ٢,٥	—	١	—	—
مجمل ما فى المجرى ما عدا الاسفين						
					٠,٥٤	٠,٨١

الدرجات B ، F و H ، جميع التصاميم

١	نسيج زجاجى مشرب بالك	٠,١٥	٢	٢	٠,٣	٠,٣
٢	ميكانيك زجاجى مرن	٠,٣	٢	٢	٠,٦	٠,٦
٣	تكستوليت زجاجى	٠,٥	—	١	—	٠,٥
٤	اسفين (تكستوليت زجاجى)	لا أقل من ٢,٥	—	١	—	—
مجمل ما فى المجرى ما عدا الاسفين						
					٠,٩	١,٠

عازل ملف التنزيل ثنائي الطبقة في الاعضاء الساكنة للمكنات ذات التصميم القديم ،
والعاملة بفلطية تصل حتى ٦٦٠ فولط

قسم الملف	رقم الشكل ١٤٤٤، ب. و. ج.	المادة	عدد الطبقات			سماكة العازل، مم	
			بالعرض	بالارتفاع	سم السماكة،	بالعرض	بالارتفاع
A الدرجة							
عازل المجارى (الشكل ١٤٤، ب.)	١٠	كرتون كهربائى BΘ	٢	٣	٠,٢	٠,٤	٠,٦
	٩	نسيج زجاجى	٢	٣	٠,٢	٠,٤	٠,٦
	٨	كرتون كهربائى BΘ	٢	٣	٠,٢	٠,٤	٠,٦
	٧	كرتون كهربائى BΘ	—	١	٠,٥	—	٠,٥
	٦	كرتون كهربائى BΘ	—	١	٠,٥	—	٠,٥
	٥	اسفين (بلوط، بتولا)	لا اقل من ٢,٥	—	١	—	—
مجمل ما فى المجرى بدون اسفين							
					١,٢	٢,٨	
العازل الجبهى (الشكل ١٤٤، ج.)	١٣	كرتون كهربائى BΘ	—	١	٠,٥	—	٠,٥
	١١	شريط من التفتا	٠,٢٥	طبقة واحدة بتراكب نصفى	—	—	١,٠
	١٤	جراب قطنى	—	—	—	—	—
	١٢	نسيج زجاجى	٠,٢٥	طبقة واحدة بتراكب نصفى	—	—	٠,٨

في مقرها قبل وضع الوشائع ، وهى تصلح ايضا لحماية عوازل الاسلاك من
الاضرار الميكانيكية عند تنزيلها او اثناء استثمار المكنة . ويتم اختيار
المادة التى تصنع منها علب المجارى تبعا لظروف استثمار المكنة والدرجة
المطلوبة للصمود ضد الحرارة ، فمثلا يستخدم الكرتون الكهربائي والنسيج
المشرب باللك عند الدرجة A للصمود ضد الحرارة ، ويستخدم الميكانيكيت

قسم الملف	الشكل رقم التسلسل على	المادة	عدد الطبقات			سمائة العازل، مم	
		التسمية	بالعرض	بالارتفاع	سمائة السماكة،	بالعرض	بالارتفاع

E الدرجة

عازل المبجاري (الشكل ١٤٤، ب.)	١٠	كرتون كهربائي مغلف	٠,٢٧	٢	٣	٠,٥٤	٠,٨١
	٩	كرتون كهربائي ΘB	٠,٢٧	٢	٣	٠,٥٤	٠,٨١
	٨	كرتون كهربائي ΘB	—	—	—	—	—
	٧	كرتون كهربائي مغلف	٠,٢٧	—	٢	—	٠,٥٤
	٦	كرتون كهربائي مغلف	٠,٢٧	—	١	—	٠,٢٧
	٥	اسفين من البلوط او البتولا	لا اقل من ٢,٥	—	١	—	—

مجمل ما في المجري بدون اسفين	١,٠٨	٢,٤٣
------------------------------	------	------

العازل الجبهي (الشكل ١٤٤، أ.)	١٣	كرتون كهربائي مغلف	٠,٢٧	—	٢	—	٠,٥٤
	١١	شريط زجاجي	٠,١	طبقة واحدة	بتراكب نصفى	٠,٤	٠,٤
	١٤	جراب زجاجي	—	—	—	—	—
	١٢	نسيج الزجاجي مشرب باللك	٠,٢	طبقة واحدة	بتراكب نصفى	٠,٤	٠,٤

المرن والنسيج الزجاجي عند الدرجة B للصمود ضد الحرارة ، وهكذا دواليك . وترد في الجدولين ١٥ و ١٦ امثلة عن تنفيذ عوازل ملفات التبريد احادية الطبقة وثنائية الطبقة في الممكنات ذات التصميم القديم ، وترد في الجدولين ١٧ و ١٨ امثلة عن تنفيذ العوازل في الممكنات ذات التصميم الحديث (الشكل ١٤٤ ، أ-و) .

عازل ملفات التنزيل احادية الطبقة في الاعضاء الساكنة للمكنات الحديثة التي
تعاادل قدرتها من ١ الى ٧ كيلواط

رقم التسلسل على الشكل ١٤٤، أ	عازل من الدرجة A، التصميم اعتيادي		عازل من الدرجة E، التصميم اعتيادي	
	المادة	السماكة، مم	المادة	السماكة، مم
٢	نسيج زجاجي ومشرب باللك ЛСЛ-105/120	٠,٢	كرتون كهربائي مغلف	٠,٢٧
١	كرتون كهربائي ЭВ	٠,٢	—	—
٣	كرتون كهربائي ЭВ	٠,٥	كرتون كهربائي مغلف	٠,٢٧
٤	اسفين من البلوط والبتولا	ليس أقل من ٢,٥	اسفين من التكستوليت ماركة B	ليس أقل من ٢,٥

تتمة الجدول ١٧

رقم التسلسل على الشكل ١٤٤، أ	عوازل من الدرجة B، F و H، جميع التصميمات			
	ماركة المادة للدرجة			المادة
	H	F	B	
٢	ЛСП-130/155	ЛСП-130/155	ЛСБ-120.130	نسيج زجاجي مشرب باللك
١	Г ₂ ФК11	Г ₂ ФЭ11	Г ₂ ФГ11	ميكانيت زجاجي مرن*
٣	СТК	СТЭФ	СТ	تكستوليت زجاجي
٤	СТК	СТЭФ	СТ	اسفين من التكستوليت الزجاجي

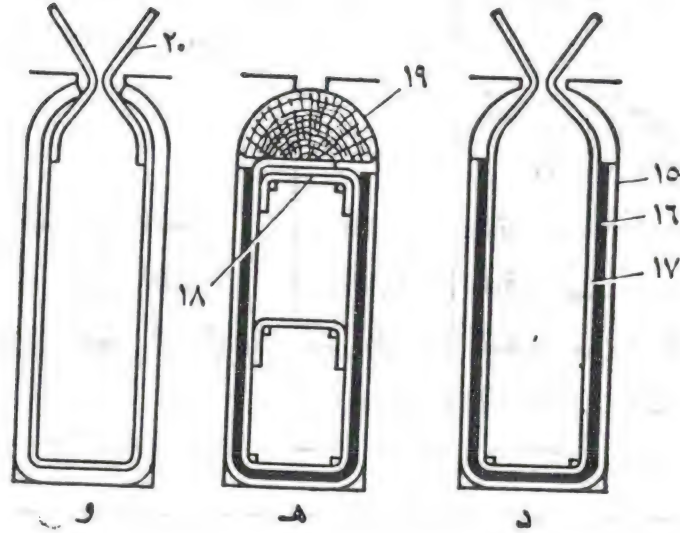
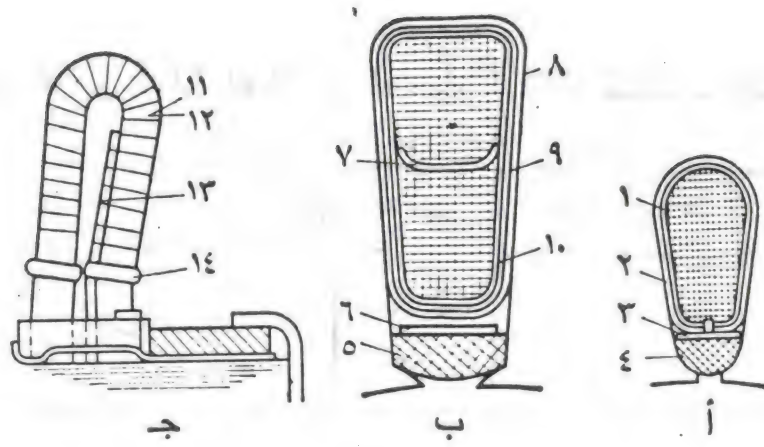
* للمكنات ذات التصميم العادي، يسمح باستخدام انواع الميكانيت ماركة Г₂СП عند الدرجة B للصلمود ضد الحرارة، وماركة Г₂СК عند الدرجة F .
ملاحظة : يصنع العازل في الاقسام الجبهية بين الوشائع من الكرتون المغلف عند الدرجتين E و A ، ومن الميكانيت الزجاجي المشرب باللك من الماركة الموافقة عند الدرجتين F و H .
وتربط توصيلات الملف بشريط من التفتا سماكته ٠,٢٥ مم عند الدرجة A وبشريط زجاجي ЛЭС سماكته ٠,١ مم او بجراب زجاجي АСЭ4 عند الدرجات H ، F ، B .

عوازل ملفات التنزيل ثنائية الطبقة في الاعضاء الساكنة للمكنات الحديثة التي تعادل قدرتها من ١٠ الى ١٠٠ كيلوواط

عازل من الدرجة E، تصميم اعتيادي		عازل من الدرجة B، تصميم اعتيادي		رقم التسلسل كل ١٤٤ ب
المادة	السماكة، مم	المادة	السماكة، مم	
كرتون كهربائي مغلف	٠,٢٧	كرتون كهربائي ЭВ	٠,٢	٨
نسيج زجاجي مشرب باللك ماركة ЛСВ-120/130	٠,١٧	ميكانيت مرن Г ₂ СП	٠,٢	٩
—	—	نسيج زجاجي مشرب باللك ماركة ЛСВ-120/130	٠,١٧	١٠
كرتون كهربائي مغلف	٠,٢٧	رقائق مغطاة بالميكامو مشربة باللك	٠,٤٥	٧
كرتون كهربائي مغلف	٠,٢٧	تكستوليت زجاجي СТ	٠,٥	٦
اسفين من البلوط أو البتولا	ليس أقل من ٢,٥	اسفين من التكستوليت الزجاجي СТ	ليس أقل من ٢,٥	٥

تتمة الجدول ١٨

عازل من الدرجة F، تصميم اعتيادي		عازل من الدرجة H، تصميم خاص بالمناطق الحارة		رقم التسلسل على الشكل ١٤٤ ب
المادة	السماكة، مم	المادة	السماكة، مم	
الالكترونيت ميكانيت زجاجي مرن Г ₂ ФГ11	٠,٢	نسيج زجاجي مشرب باللك ماركة ЛСК-155/180	٠,١٥	٨
—	٠,٣٥	ميكانيت زجاجي مرن Г ₂ ФК 11	٠,٣٥	٩
نسيج زجاجي مشرب باللك ЛСП-130/155	٠,١٥	نسيج زجاجي مشرب باللك ماركة ЛСК-155/180	٠,١٥	١٠
رقائق مغطاة بالميكامو مشربة باللك	٠,٤٥	ميكانيت زجاجي مشرب باللك	٠,٥	٧
تكستوليت زجاجي СТЭФ	٠,٥	تكستوليت زجاجي СТК	٠,٥	٦
اسفين من التكستوليت الزجاجي СТЭФ	ليس أقل من ٢,٥	اسفين من التكستوليت الزجاجي СТЭФ	ليس أقل من ٢,٥	٥



الشكل ١٤٤ - عزل ملفات التنزيل :

أ - مجرى ملف التنزيل احادى الطبقة ، ب - مجرى ملف التنزيل ثنائى الطبقة ، ج - القسم الجبهى لوشية ملف التنزيل ثنائى الطبقة ، د - علبه مجارى ثلاثية الطبقات لها طبقة كرتون بارزة من المجرى ، هـ - منظر عازل المجارى ثلاثى الطبقات بعد قص طبقة الكرتون الكهربائى ووضع اسفين ، و - استخدام لقم اضافية من الكرتون الكهربائى لوضع ملف التنزيل داخل المجرى نصف المغلق

وعند اصلاح ملفات التنزيل للاعضاء الساكنة ، وعندما تكون الدرجة A للصمود ضد الحرارة ، غالبا ما تستخدم علب المجارى (الشكل ١٤٤ ، د) ، التى تتألف من شريحتين ١٥ و ١٧ من الكرتون الكهربائى مع شريحة ١٦ بينهما من النسيج المشرب باللك ، وتوضع التساميك ١٨ (الشكل ١٤٤ ، هـ) بين طبقات الملف فى المجارى وتحت الاسفين الخشبى ١٩ ، حيث تقوم الشريحة الخارجية المصنوعة من الكرتون الكهربائى بحماية النسيج المشرب باللك من التضرر بجدران المجرى ، وتقوم الشريحة الداخلية

بحماية النسيج المذكور من ثنيه من قبل اسلاك الملف ، وكذلك تقوم
بوقاية عازل الاسلاك اثناء «تنزيلها» فى المجرى من التضرر بحواف الاسنان .
ولذا تصنع الشريحة الداخلية بشكل اعرض وتخرج اطرافها من المجرى ،
ثم تقص هذه الاطراف البارزة بعد تنزيل الملف . اما اذا بقيت الشريحة
الداخلية بعد القص اعرض من غيرها ، فانه عند اسفنة المجارى يمكن ان
تحصل تجميعات داخل المجرى . ولتجنب ذلك غالبا ما نلجأ حاليا الى جعل
الشرائح الثلاثة بعرض واحد ، وعند تنزيل الملف فى المجرى توضع صفائح
اضافية ٢٠ (الشكل ١٤٤ ، د) من الكرتون الكهربائى ، تحمى عوازل الاسلاك
من الاذى . وبعد تنزيل جميع الاسلاك فى المجرى تنزع الصفائح الاضافية
وتوضع فى المجرى التالى .

ومن عيوب علبة عزل المجارى الثلاثية الطبقات يمكننا ان نذكر سماكتها
الكبيرة (٠,٦ - ٠,٦٥ مم) وكذلك وجود الهواء بين الطبقات مما يسبب
بشكل ملحوظ الى العطاء الحرارى للملف ، ويؤدى استخدام الكرتون الكهربائى
المغلف الى ازالة هذه العيوب .

وتعزل الفلكات الضاغطة فى العضو الساكن بعدة شرائح من الكرتون
الكهربائى ، ويتم اختيار كميتها وسماكتها بحيث تصل الى قعر المجرى
وتقوم بدور المسند لاطراف علب عزل المجارى البارزة من المجرى ،
فتقيها من الانقطاع عند ثنى الاقسام الجبهية للملف . وتدعم الاطراف البارزة
من المجرى بتشفيها (ثنى الاطراف وتشكل الشفاه) ، او بتلييس امشاط
من الفيبير المكبوس عليها .

لا توضع عادة صفائح عزل اضافية بين الاقسام الجبهية للوشائع فى
نفس المجموعة الوشائية فى ملفات التنزيل ، اما بين المجموعات الوشائية
فتوضع صفائح خاصة تصنع من نفس المادة التى صنعت منها علب المجارى .
وتكون هذه الصفائح ضرورية لأن المجموعات الوشائية المتجاورة فى
الملف تنتمى الى اطوار مختلفة وتظهر بينها فلتية خطية .

ان استخدام المواد الفعالة فى المكنة ، اى فولاذ الموصلات المغناطيسية
والنحاس (الالومنيوم) فى الملفات ، يتعلق لحد كبير بمدى كثافة املاء

المجرى بالمادة الناقلة . فكلما كان هذا الاملاء أكبر (مع تساوى الظروف الاخرى) ، كلما كان استخدام المكنة افضل ، اى انها تستطيع توليد قدرة اكبر . وبالنسبة لملفات التنزيل ، لا ينشغل القسم الاعظم من المجرى بعازل الهيكل فقط ، بل وبالعازل بين اللفات اى عازل الاسلاك ذاتها . وفى السابق عندما كانت متانة المينا العازل غير كافية ، كانت تستخدم غالبا فى ملفات التنزيل اسلاك اللف ذات العازل المختلط من الليف والمينا مثل السلك ماركة ПЭЛБО . وفى الوقت الحاضر تستخدم هنا اسلاك مغطاة بالمينا (ПЭВ—2 ، ПЭТВ وغيرها) ، مما يسمح بتحسين امتلاء المجرى بشكل ملحوظ .

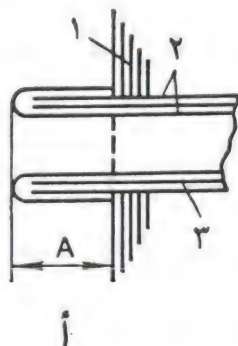
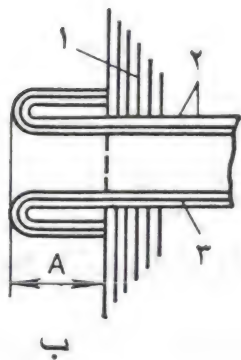
ليس هناك حاجة لتثبيت الاقسام الجبهية لملفات التنزيل فى الاعضاء الساكنة للمكنات ذات القدرة الصغيرة والمتوسطة ، وذلك لأن تربيطها العادى بشرائط التفنن والخام (الشيت) والكبير والنسيج الزجاجى او بخيط القنب يكون كافيا لمقاومة الاجهادات الميكانيكية التى تظهر مثلا عند مرور تيارات قصر الدائرة . وفى المكنات الأكبر تستخدم اجزاء خاصة لتثبيت الاقسام الجبهية للملف ، مثلا صفائح من الورق الطبقي الراتنجى ومشدات خشبية . تثبت اقسام الملف الموجودة فى المجرى ، كما ذكر اعلاه ، بمساعدة اسافين المجارى ، التى تصنع من الخشب القاسى (البلوط ، البتولا) ، ومن التكستوليت او من الورق الطبقي الراتنجى .

ويمكن تقسيم عملية اصلاح ملفات التنزيل الى المراحل الاساسية التالية : تصنيع الاجزاء العازلة ووضعها فى مكانها ، ولف الوشائع ، وتنزيل الملف ، ولحام التوصيلات وعزلها ، وتجفيف الملف وتشريبه واختباره . يجب تحضير المواد التى تصنع منها الاجزاء العازلة ، مسبقا وبصورة ملائمة . فىأتى الكرتون الكهربائى والكرتون الكهربائى المغلف والنسيج المشرب باللك ، من الصناعة على هيئة لفائف كبيرة وثقيلة ، لذا يعاد لفها الى لفائف ذات ابعاد اصغر وكتلتها تعادل ١٠ — ١٥ كغ . ويجفف الكرتون الكهربائى فى الوضع الرأسى فى فرن التجفيف خلال ١ — ٢ ساعة بدرجة ٩٠ — ٩٥° م ، ثم يشرب وهو فى الحالة الساخنة بزيت الكتان او الزيت

الجفوف ويجفف من جديد فى الفرن بنفس الدرجة المذكورة لمدة ٣ - ٤ ساعات . ويمكن كذلك تجفيف الكرتون الكهربائى بعد تشريبه ، فى الهواء بدرجة حرارة الغرفة ، ولكن يجب ان يستمر التجفيف عندئذ ٢٤ - ٣٦ ساعة . ويجب ان تكون لفيفة الكرتون الكهربائى عند تجفيفها فى الفرن او فى الهواء ، فى الوضع الرأسى وان تكون مفككة بحيث يكون الخلوص بين اللفات ٢ - ٣ مم .

ويجب تفصيل المواد العازلة بحيث تكون الفضلات أقل ما يمكن . وتقص اغفال علب المجارى وغيرها من الاجزاء العازلة بمقص مفصلى بذراع مزود بصفيحة ضاغطة وصفيحة تحديد . ويقص الكرتون الكهربائى بحيث يكون اتجاه أليافه فى العلب الموضوعة فى المجارى منطبقا مع المحور الطولى للمكنة .

عند تحديد طول الاغفال لعلب المجارى علينا ان نأخذ بعين الاعتبار ، انه يجب ان تكون اطراف العلب مشنية ، ويجب ان يبرز طرفا العلبة من المجرى من جانبى القلب بمقدار ٨ - ٢٠ مم (تبعا لأبعاد المكنة) . ان تشفيه اطراف علب المجارى يهدف الى تقوية هذه الاماكن منعاً لتشققها عند تنزيل الملف ، ويمكن ان ينفذ هذا التشفيه باحدى الطرق المبينة على الشكل ١٤٥ ، أ ، ب . ويستخدم التشفيه الثلاثى الطبقات (الشكل ١٤٥ ، ب) ، وهو الأضمن ، فى الاعضاء الساكنة حيث لا توجد حلقات استناد عازلة على حواف فولاذ القلب ، او حيث لا يمكن عزل الفلكات الضاغطة للعضو الساكن بحيث تصبح مسندا لاطراف علب



الشكل ١٤٥ - أكمام علب المجارى :
أ - كم يتشكل بالطبقة الداخلية لعلبة المجارى ، ب - كم يتشكل من ثلاث طبقات لعلبة المجارى ؛ ١ - القلب الفولاذى ، ٢ - كرتون كهربائى ، ٣ - الطبقة الداخلية من النسيج المشرب بالك أو من الميكانيك

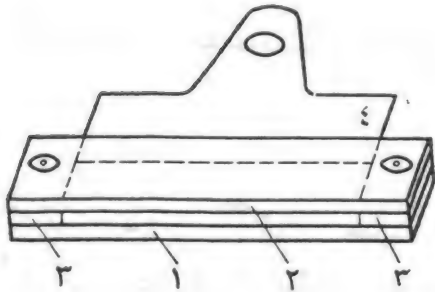
المجارى ، غير ان التشفيه الثلاثى الطبقات يشغل مكانا أكبر من التشفيه الثنائى الطبقات المبين على الشكل ١٤٥ ، أ .
ويمكن قبل تحديد طول الاغفال لعلب المجارى ، ان نستعين بمعطيات الجدول ١٩ ، الذى يبين الطول التقريبى الظاهر من المجرى لعلب المجارى ، وذلك لمكنات متنوعة القدرة .

الجدول ١٩

الطول التقريبى لبروز علب المجارى ، للمكنات المتنوعة القدرة

طول بروز علب المجارى ، مم		قدرة المكنة ، كيلواط
عند التشفيه الثلاثى الطبقات (الشكل ١٤٥ ، ب)	عند التشفيه الثنائى الطبقات (الشكل ١٤٥ ، أ)	
٨	١٠	اقل من ٥
١٢	١٥	من ٥ الى ٤٠
١٥	٢٠	من ٤٠ الى ١٠٠

ولتصنيع علب المجارى يتم كبس الطبقات المكدسة للاغفال فى نبيطة التكبيس ، كى نعطى الغفل شكلا مطلوبيا ، وعند الضرورة تلصق بعض الطبقات مع بعضها .
ولتصنيع التشفيهاات بشكل اسرع تستخدم نبائط بسيطة متنوعة تبين



الشكل ١٤٦ - نبيطة لثنى حواف اكمام

علب المجارى :

١ - البلاطة السفلية ، ٢ - البلاطة العلوية ،

٣ - تساميك ، ٤ - الغفل

احداها على الشكل ١٤٦ . ويتم ادخال اغفال علب المجارى حتى النهاية بعد تفصيلها وتكديسها معا ، فى صفيحة متحركة ومثبتة على طول الشفة ، ثم تأخذ الاغفال شكلا لازما بتدويرها بمقدار ١٨٠ ° .

وبعد ذلك يتم تكبيس اغفال علبة المجارى على شياق ، وتوضع فى مجارى العضو الساكن ، مع تقويمها عندئذ بواسطة شياق خشبي ، لكي تستقر باحكام على قعر المجرى . ويجب ان يطابق شكل الشياق لشكل المجرى ، وان تكون ابعاده اقل بمقدار سماكة عازل المجرى ، ويجب ان تبرز العلبة من طرفى العضو الساكن بشكل متساو .

ويتم عزل الفلكات الضاغطة والصفائح الطرفية من قلب العضو الساكن بواسطة شرائح من الكرتون الكهربائى ، تلصق بلك عازل وتثبت بخيوط تشكيل الاطراف . ويجب اختيار سماكة الشرائح وعددها بحيث يكون بامكانها ان تقوم بدور المسند لاطراف علبة المجارى البارزة من المجرى ، وان تقيها من التمزق عند ثنى الاقسام الجبهية للملف .

نبدأ باصلاح الملف بعد أن نحضر التساميك تحت الاسافين والتساميك بين طبقات الملف فى المجرى (من اجل الملف الثنائى الطبقات) ، والتساميك بين الاطوار للأقسام الجبهية ، والانابيب المخصصة لعزل اماكن توصيلات الاسلاك وعزل التوصيلات الداخلية والماخذ ، وكذلك اسافين المجارى . يجب ان تكون التساميك الموضوعة فى المجرى تحت الاسفين ، وكذلك التساميك بين طبقتى الملف الثنائى الطبقات ، اعرض من المجرى فى المكان الملائم بحيث تستقر التساميك فى المجرى على شكل قوس ، اى تكون حوافها مشطوفة بالميل . ويتحدد البعد العرضى بين التساميك الموضوعة بين الاطوار فى الاقسام الجبهية ، بموجب خطوة الملف ، اما البعد الطولى فيحدد بموجب مدى بروز الاقسام الجبهية .

تصنع اسافين المجارى عادة من الخشب الصلب (بلوط ، بتولا ، قيقب) على مخروطة خاصة ، مثلاً على المخروطة СПК-5 . ويتعلق شكل الاسفين وسماكته وعرضه بشكل القسم العلوى للمجرى وامتلائه ، ويجب ان لا تقل سماكة الاسافين عن ٢ مم ، اما طول الاسفين فيجب ان يكون أكبر من طول قلب العضو الساكن ويساوى طول علبة المجارى او اقصر منها بـ ٢ - ٤ مم . كما يجب ان لا تزيد رطوبة الخشب الذى تصنع منه الاسافين عن ١٠ - ١٢٪ . ولكى تحصل الاسافين الخشبية على خواص عالية للعزل

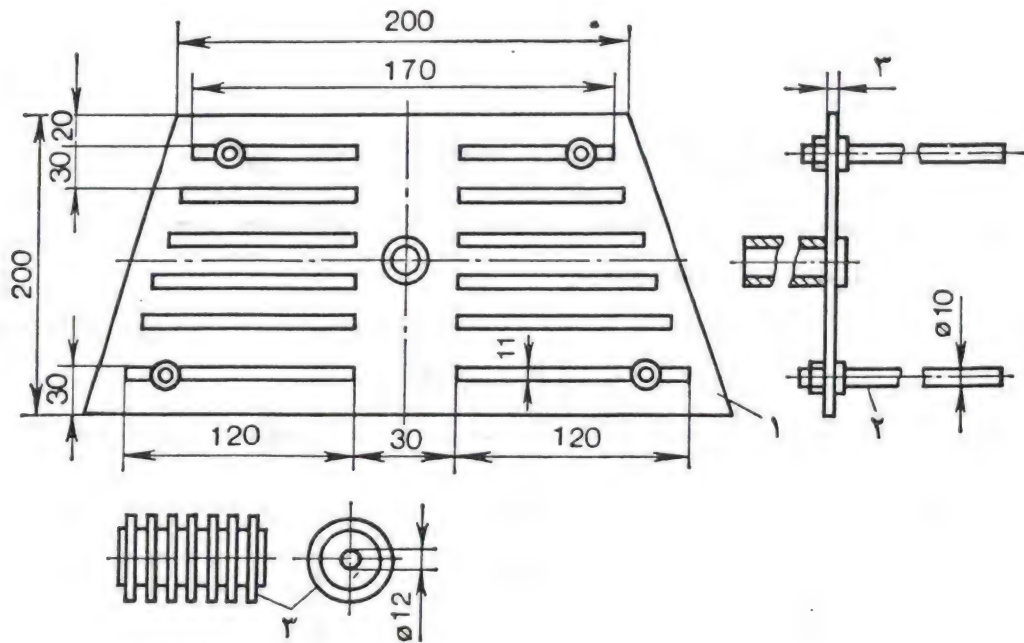
الكهربائي ولتبطئ عملية امتصاصها للرطوبة ، يتم تشريب الاسافين بزيت الكتان او الزيت الجفوف ، ولهذا الغرض يتم تغطيس الاسافين في وعاء يملأ بزيت الكتان او الزيت الجفوف حتى ٢٠ - ٣٠ مم اعلى من مستوى الاجزاء المغطسة ، ويسخن الوعاء لدرجة ١٠٥ - ١١٠ م° ، ويستمر التشريب عند هذه الدرجة خلال ٢-٣ ساعات. ويتم ضبط نوعية التشريب بواسطة شكل المكسر في القطعة التجريبية ، فاذا تبين ان المقطع بكامله ليس مشربا بالزيت ، يجب تمديد مدة التشريب . وعند انتهاء عملية التشريب يبرد الوعاء دون نزع الاسافين منه . وبعد ان يبرد تنزع منه الاسافين وتوضع على شبكة معدنية او خشبية ، ومن ثم تجفف في الفرن .

ان الاسافين المصنوعة من الورق الطبقي الراتنجي والتكستوليت تفوق الاسافين المصنوعة من الخشب من حيث المتانة الميكانيكية وخواص العزل وعدم التعرض للجفاف ومن حيث الصمود للرطوبة . ولذا تستخدم في المكنات الحديثة اسافين تصنع من هذه المواد ، غير ان كلفتها العالية ، وصعوبة التشغيل الميكانيكي للاسافين المصنوعة من هذه المواد تحد من استخدامها في ورشات الاصلاح الصغيرة . وبالرغم من ذلك ، فاذا كانت سماكة الاسافين صغيرة وطولها كبيرا ، نضطر الى استخدام الاسافين المصنوعة من التكستوليت والورق الطبقي الراتنجي ، وذلك لان الاسافين الخشبية لا تكون متينة بما فيه الكفاية .

وفي المكنات الحاوية على عوازل من الصنف B و F و H ، لا يمكن استخدام الاسافين الخشبية او حتى الاسافين المصنوعة من الورق الطبقي الراتنجي ، بسبب صمودها غير الكافي ضد الاحماء . وعندئذ تستخدم الاسافين المصنوعة من التكستوليت الزجاجي ماركة CTЭФ او CTK . غالبا ما يثبت الملف في المكنات الحديثة ذات القدرة الصغيرة ، بواسطة اغطية المجارى بدلا من الاسافين ، وتصنع هذه الاغطية على هيئة شرائح من نفس المادة العازلة التي تصنع منها عوازل المجارى ولكنها ذات سماكة اكبر (٠,٣ - ٠,٥ مم) ، ولا توضع اية تساميك تحت غطاء المجرى . وتعمل اغطية المجارى على رص الملف في المجرى بشكل اضعف من

الاسافين ، غير أن تشريب الملف وتجفيفه وشويه ، تؤدي الى سمته الاسلاك
الموضوعة في المجارى مما يزيد من جساءة اغطية المجارى .
تلف وشائع ملفات التزليل على شابلونات تركيب على مكناات اللف
المزودة بجهاز تحريك يدوى او ميكانيكى . وتستخدم انواع مختلفة جدا
من هذه المكناات ، بالاضافة الى انه تستخدم احيانا المخارط (تربط
الشابلونة فى الترس) .

غالبا ما تستخدم فى التطبيق العملى شابلونات شاملة الاغراض ، اى
تسمح بتغيير ابعاد الملف . ويمكن أن تكون الشابلونات خشبية او معدنية
(على الاغلب من الالومنيوم او سبائكها) ، ويفضل استخدام الشابلونات
المعدنية التى تعمل فترة اطول وفى الباب السادس اعطيت شروح مختصرة
لاثنين من الشابلونات الشاملة الاغراض مع عملية لف الوشائع عليهما .
ويبين الشكل ١٤٧ نوعا آخر مريحا من الشابلونات الشاملة الاغراض ، حيث



الشكل ١٤٧ - شابلونة عمومية :
١ - البلاطة ، ٢ - صبلمة ، ٣ - دحروج

يتم هنا التوصل الى تغيير ابعاد الوشائع الملفوفة على البكرات ٣ ، عن طريق
تحريك الصبالم ٢ على البلاطة ١ . وتزود الشابلونة بعدة اقنية ، مما يسمح
بلف عدة وشائع دون تقطيع السلك فى المجموعة الوشائعية او حتى لف

الطور بأكمله . وهذا يؤدي ، كما ذكر اعلاه ، الى التخفيض الشديد لحجم اعمال اللف ، لانه يحول دون لحام التوصيلات ، ويرفع من ضمانة الملف لانه يقلل من عدد اماكن توصيل الاسلاك ، ويعطى امكانية تصغير القسم الجبهي للملف ، ويخفض من احتمال حدوث الاخطاء عند تجميع المخطط . يجب معرفة القياس المطلوب للوشية لكي يتم تركيب الشابلونة بشكل صحيح . ويمكن تحديد الطول الوسطى للفة تقريبا بموجب الصيغة :

$$l_m = k(D + h_{ch})y/z + (2l_1 + 60)$$

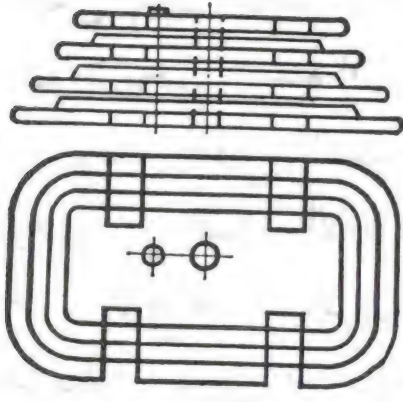
حيث l_m - الطول المتوسط للفة ، مم ؛ D - قطر القسم المخروط من العضو الساكن ، مم ؛ h_{ch} - ارتفاع المجرى ، مم ؛ y - خطوة الملف حسب المجارى ؛ z - عدد المجارى في العضو الساكن ؛ l_1 - طول قلب العضو الساكن ، بما في ذلك اقنية التهوية القطرية ، مم ؛ k - معامل يتحدد من الجدول ٢٠ .

الجدول ٢٠

قيم معامل k لتحديد متوسط الطول للفة

قيم معامل k للملف		عدد الأقطاب
الاحادى الطبقة	الثنائى الطبقات	
٩,٢	٨,٢	٢
٩,٥	٨,٥	٤
١٠,٢	٩,١	٧
١١	٩,٨	٨ وأكثر

ومن المستحسن التأكد من ابعاد الوشائع بمساعدة اللفة التجريبية . وان عامل اللف الذى يتمتع بخبرة معينة ، يحدد بدقة كافية البعد المطلوب للوشية ويقوم بالضبط اللازم للشابلونة ، بعد ان يضع اللفة التجريبية على الوشية .



الشكل ١٤٨ - شابلونة متدرجة

ومن المريح استخدام الشابلونات الشاملة
الاغراض والمتعددة المجارى ، عند لف
الملفات الثنائية الطبقات والاحادية الطبقات
ذات الوشائع المتساوية . اما عند لف
المجموعات الوشائية للملفات المتمركزة
والاحادية الطبقة ، فتستخدم الشابلونات
المتدرجة (الشكل ١٤٨) . ويساوى عدد
الاقنية (التدرجات) لمثل هذه الشابلونة ،

الى عدد الوشائع (القطاعات) فى المجموعة الوشائية . وفى بعض الاحيان
تستخدم شابلونات شاملة الاغراض واحادية المجرى تجمع معا ، وذلك
عند لف المجموعات الوشائية للملفات المتمركزة الاحادية الطبقة .

قبل لف الوشائع يجرى تحضير العدد اللازم من الطنابير واللفائف
او البكرات لأسلاك اللف ، حسب كمية الاسلاك المتوازية فى اللفة .
وتمرر نهايات الاسلاك عبر انبوبة مصنوعة من بولى فينيل كلوريد (PVC)
لتسهيل الحفاظ على سلك اللف فى وضع معين ، وتمرر كذلك عبر تجهيزة
الربط التى تضبط مقدار شد السلك ، وتثبت بداية اللفة على الشابلونة (او
جميع اسلاكها اذا كانت اللفة مؤلفة من عدة اسلاك اولية) .

يجب عند لف الوشائع ، ان نلفت الانتباه ، الى ان لا تتشكل العقد
على السلك النازل من البكرة او الطنبور ، حيث ان ذلك يؤدى الى تشكيل
عيوب اللف نتيجة تعطيب العازل فى السلكين المتجاورين عند رص الوشاعة
اثناء تنزيلها فى المجارى .

فى الشابلونة المؤلفة من عدة مجار ، تلف اولا الوشاعة فى المجرى
الاول ، ومن ثم تنقل اللفة الى المجرى الثانى وتلف فيه الوشاعة الثانية ،
وهكذا دواليك حتى يتم لف المجموعة الوشائية بأكملها . وتربط كل
وشاعة فى قسمها المستقيم بشريط او خيط قنب ، وتنزع بعد ذلك عن
الشابلونة .

ويجب القيام باللف بحيث تستقر الاسلاك على الشابلونة بموازاة بعضها

البعض بدون تقاطع . وعند لف الوشائع التي تتألف لفاتها من عدة اسلاك اولية ، يجب مراعاة ان يكون شد الاسلاك واحدا ، مما يضمن تراص الوشيعة . وعند انقطاع السلك او انتهائه في البكرة ، يجب مراعاة كون مكان الوصل مع السلك الآخر فقط في القسم الجبهي وعدم السماح بتواجده في القسم الواقع في المجرى من اللفة . وبعد لحام مكان التوصيل فانه يعزل بلفه بشريط زجاجي او بواسطة انبوبة عازلة كهربائيا .

وتعتبر عملية تنزيل الملف من اهم واصعب العمليات في الاصلاح . ويجب على العامل قبل بدء تنزيل وشائع الملف ، ان يدرس بعناية مرة اخرى معطيات المكنة مستعينا بسجل اللف والحساب ، الذي يرد شكله في الجدول ٢١ .

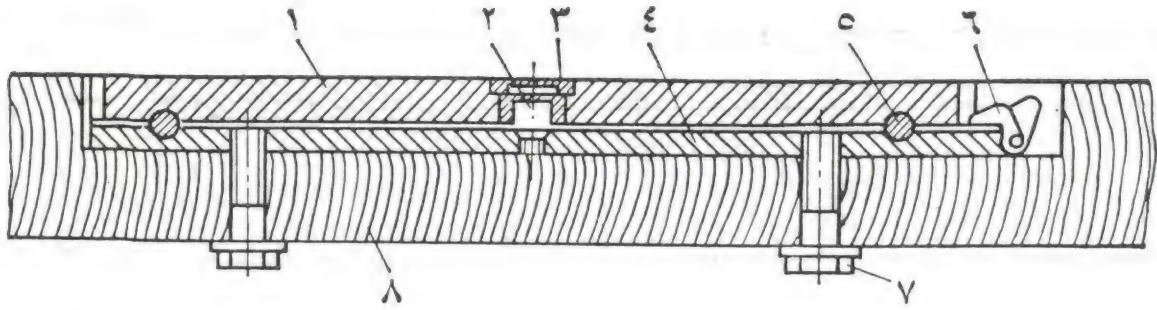
الجدول ٢١

سجل اللف والحساب

نوع المحرك الكهربائي	_____
P _____ kW	
U _____ V	
I _____ A	
n _____ R/min	
z _____	
سلك اللف : ماركة _____ قطر _____	
عدد الاسلاك المتوازية _____	
عدد اللفات في الوشيعة (القطاع) _____	
عدد النواقل في المجرى _____	
الخطوة _____	
توصيل المجموعات الوشائية (عدد الفروع المتوازية) _____	
عدد المجموعات في الطور وعدد الوشائع في المجموعة _____	
نوع الملف _____	

وفي السطر الموجود فى السجل «توصيل المجموعات الوشائية» يجب ان نذكر وجود الفروع المتوازية او عدمه ، وعددها فى حال وجودها . مثلا ، التوصيل متسلسل (لا توجد فروع متوازية) ؛ فرعان متوازيان ؛ ٣ فروع متوازية وهكذا . وفى السطر «عدد المجموعات فى الطور وعدد الوشائع فى المجموعة» يجب ان نذكر عدد المجموعات الوشائية او عدد انصاف المجموعات الوشائية عند تنفيذ الملف «بالتهادى» للطور الواحد . مثلا ، ٦ مجموعات احادية ، ٣ مجموعات ثنائية ، مجموعتان ثلاثيتان ، مجموعتان احاديتان ومجموعتان ثنائيتان وهكذا . وفى السطر «توصيل الاطوار» يذكر نوع توصيل الملفات الطورية : Δ/Y ، Y ، Δ . ولا تحتاج السطور الاخرى للسجل الى شروح اضافية .

لا يستخدم العامل اثناء تنزيل الملف ادوات التركيب الاعتيادية فقط (قراضة ، زردية ، مطرقة فولاذية ومطرقة خشبية ، سكينه ، مساطر وغيرها) ، وانما يستخدم ايضا طاقما من العدد المتخصصة ، التى يبين جزء منها على الشكل ٨٢ . وبالإضافة الى الادوات المبينة على الشكل تستخدم ايضا صفائح ذات اشكال مختلفة من الفير والتكستوليت ، وذلك لدفع اسلاك ملف التنزيل الى داخل المجرى عبر الشق ، ولتنظيم وضع الاسلاك فى المجرى ، ولثنى الاقسام الجبهية للملف ، وشياقات لرص الاسلاك فى المجرى تصنع من المعدن والفير والتكستوليت (مطارق صغيرة ، كاويات ، مسادات) ، وصفائح ذات حواف مستديرة لفصل الاسلاك فى اللفات والقطاعات (عدادات) ، وخطافات سلكية لها اشكال متنوعة لدفع الشريط عند الغزل ولتثبيت الاقسام الجبهية ، وشياقات لثنى الاقسام الجبهية للملف بهدف اعطائها الشكل المطلوب ، ومقصات متنوعة الاشكال والابعاد ، وغير ذلك .



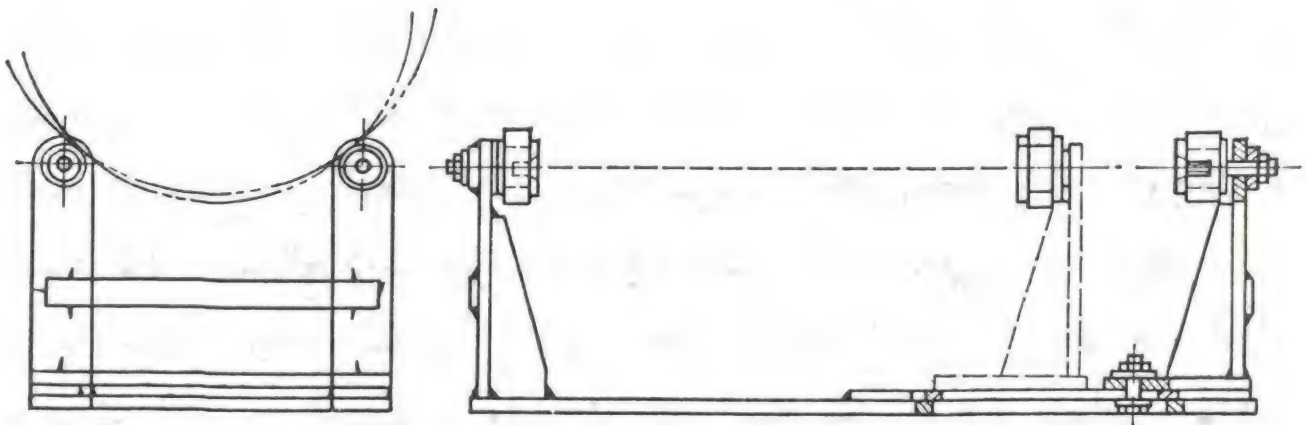
الشكل ١٤٩ - طاولة دوارة :

١ - قرص دوار ، ٢ - محور الدوران ، ٣ - جلبة ، ٤ - قرص ثابت ، ٥ - كرة ، ٦ - سقاطة ، ٧ - لولب ، ٨ - طاولة العمل

ويجب الحفاظ على كل ادوات التركيب في حالة جيدة ، وان تكون خالية من الروايش والحفر وغير ذلك من العيوب التي بإمكانها ان تلحق الاذى بعوازل الملف .

ويكون مكان العمل لعامل اللف عبارة عن طاولة دوارة تسمح بتدوير المكنة الموضوعة عليها حول المحور الرأسى (الشكل ١٤٩) .

وتتألف هذه الطاولة من القرص الدوار العلوى ١ والقرص الثابت السفلى ٤ المثبت على الطاولة ٨ بواسطة اللولب ٧ . وقد حفرت في القرصين قناة حلقيّة توضع فيها الكريات ٥ ، مما يسهل تدوير القرص ١ حول محور الدوران ٢ ، وتقوم الجلبة ٣ بإيصال الزيت الى هذا المحور . ويتم تثبيت موضع القرص الدوار بالنسبة للقرص الثابت بواسطة الكلابة ٦ التي تدخل في الشقوق الموجودة على محيط القرص ١ . وتصلح النبيطة البلحية المبينة على الشكل ١٥٠ لتدوير المكنة الجارى اصلاحها حول المحور الافقى ،



الشكل ١٥٠ - نبيطة دحرجية لتدوير المكنة المراد اصلاحها حول المحور الافقى

وتركب هذه النسيطة على الطاولة الدوارة . وهكذا ، فان الطاولة الدوارة والقاعدة البلحية تفسحان المجال لتحديد مكان العضو الساكن الجارى اصلاحه فى اى وضع مريح لعامل اللف .

ولندرس العملية التكنولوجية لتركيب ملف التنزيل الثنائى الطبقات ، فهى تبدأ من فحص تناظر توضع علب المجارى . ومن ثم توضع الوشيعه الواجب تنزيلها فوق المجرى الواقع فى اسفل القناة ، وتنزل عبر الشق الى المجرى جميع الاسلاك لجانب واحد من الوشيعه (القطاع) باستخدام صفيحة من الفير مأخوذة من طاقم العدد . وتجنبنا لتقاطع الاسلاك ضمن المجرى يستحسن القيام بتنزيلها بنفس التسلسل الذى تم بموجبه لفها على الشابلونة . ويجب تصحيح وضع الاسلاك داخل المجرى بواسطة صفيحة من الفير على شكل الاسفين تمرر على طول المجرى وتنزيل تقاطع الاسلاك وتصلبها . ومن الضرورى مراعاة ان تتوضع الاسلاك داخل المجرى بحيث توازي بعضها البعض . وبنفس الطريقة المذكورة ، تنزل الى قعر المجرى جميع الجوانب الباقية السفلية لوشائع المجموعة الوشائعية الاولى ، وذلك بتدوير جسم العضو الساكن فى كل مرة بمقدار خطوة واحدة للمجارى ، وتبقى الجوانب العلوية لوشائع هذه المجموعة دون تنزيل . وبعدئذ توضع التساميك بين الطبقات فى المجارى التى نزلت اليها الجوانب السفلية لوشائع المجموعة الوشائعية الاولى ، اما بداية المجموعة الوشائعية ونهايتها فيتم تثبيتهما بشكل مضمون بشريط او خيط قنب او «بجرب» بموجب الكونتور الخارجى لرؤوس الاقسام الجبهية للوشائع الطرفية ، بحيث تقع أطراف المآخذ بشكل مواز لأسلاك الوشائع . وهكذا نستمر بالنسبة لجميع الوشائع على طول الخطوة الاولى للملف (وشائع الخطوة الاولى) .

وبعدئذ تنزل الى المجارى جميع الوشائع باطرافها السفلية والعلوية على حد سواء ، بحيث توضع التساميك بين الطبقات بعد تنزيل الجوانب السفلية للوشائع ، ثم تربط بداية المجموعات ونهايتها ، ومن ثم تنزل الجوانب العلوية للوشائع . وان التساميك بين الطبقات ، التى توضع بشكل منحرف وغير صحيح ، لا تضمن العزل اللازم لجوانب الوشائع المختلفة التى تنزل

فى مجرى واحد (يمكن ان تنتمى الوشائع الى اطوار مختلفة) . وبالإضافة الى ذلك فان التسمية المنحرفة يمكن ان تؤدى الى الحاق الاذى بعازل اللفة اثناء رص الملف فى . المجرى .

وتعتبر عملية تنزيل الجوانب العلوية للوشائع أكثر تعقيدا من تنزيل الجوانب السفلية ، وذلك لان قسما من المجرى مملوء بالاسلاك والتساميك بين الطبقات .

وقبل تنزيل اسلاك الجوانب العلوية للوشائع يجرى رص الاسلاك فى المجرى . ولهذا الغرض يتم ادخال الشياق المخصص للرص الى المجرى من الجانب ، وبتحريكه على طول المجرى وضغطه على التسمية بين الطبقات يتم رص الاسلاك للطبقة السفلية . وفى المكنت ذات القدرة الأكبر حيث تستخدم اسلاك ذات مقاطع كبيرة ، يتم الطرق على الشياق الراص بمطرقة اضافية . فاذا كان معامل امتلاء المجرى كبيرا ، فاننا نضطر دوريا الى رص الاسلاك ، دون ان ننتظر انتهاء تنزيل الوشيعة بأكملها . ويستحسن عندئذ استخدام راص من الفيبر او التيكستوليت ، اما اذا كان الراص معدنيا فاننا نضطر كل مرة لوضع شريحة من الكرتون الكهربائى تحته ، والا فانه من السهل الحاق الاذى بعازل الاسلاك فى المجرى . وبعد ان ترص اسلاك الطبقة السفلية فى المجرى ، يتم تنظيم اسلاك الطبقة العلوية الموافقة للوشيعة وتنزل الى المجرى عبر الشق . وهنا يرص عادة قسم من الاسلاك بعد تنزيله ، بحيث اننا نضطر لاعادة هذه العملية عدة مرات .

وبعد تنزيل جميع الاسلاك الى المجرى انها ترص من جديد وتغطى علبة المجارى (بعد أن تقص حوافها البارزة عند الضرورة) ، ومن ثم يرص الملف مجددا ، وتنزل التساميك التى توضع تحت الاسافين وتوضع الاسافين فى المجرى . وعندئذ ، يجب مراعاة عدم الحاق الاذى بعلبة المجارى عند ادخال الاسفين ، وتستخدم لهذه الغاية أداة تدعى «بالاسفين العكسى» (انظر الشكل ٨٢) الذى يوضع اثناء ادخال الاسفين من الجهة المعاكسة للجهة التى يتم منها ادخال الاسفين الاساسى للمجرى .

توضع تساميك تحت الوشائع الاولى لكل مجموعة وشائعية فى الاقسام الجبهية بين المجموعات الوشائية ، وذلك اثناء القيام بعملية تنزيل الجوانب العلوية للوشائع واسفنة المجارى . وتقوم هذه التساميك بدور العازل بين الوشائع المتجاورة التى تنتمى الى اطوار مختلفة .

ويجب أن يكون شكل التساميك التى توضع بين الاطوار مماثلا لشكل الاقسام الجبهية للملف مع زيادة بمقدار ٥ - ٧ مم بكامل الكونتور . ويجب ان تغطى هذه التساميك اطراف تلك التساميك التى تبرز من المجارى والموضوعة بين الطبقات .

ومن الضرورى ، قبل تنزيل الوشائع الاخيرة ، ثنى الجوانب العلوية لوشائع الخطوة الاولى ، التى لم تنزل من قبل فى المجارى ، نحو مركز الجزء المخروط من العضو الساكن ، وذلك بقصد ايجاد امكانية تنزيل الجوانب السفلية للوشائع الاخيرة .

ان تنزيل الجوانب العلوية لوشائع الخطوة الاولى التى تعرضت للثنى حيث يمكن ان يحصل خلط فى أسلاكها بين بعضها البعض ، يحتاج الى انتباه خاص وخبرة انتاجية كافية . وعلى وجه الخصوص ، يجب تقويم الاسلاك بعناية واعطائها الشكل المطلوب ، قبل تنزيلها ، اما تنزيل الاسلاك فى المجارى فيجب ان يتم بحذر مع الحفاظ على سلامة العوازل وتوازي الاسلاك وعدم اتصالها فى المجارى .

اثناء تنزيل الملف ثنى الاقسام الجبهية بالاتجاه الذاهب من القطر الداخلى الى القطر الخارجى لقلب العضو الساكن . وان هذا الثنى الذى يعادل ٦ - ٨ ° ، يجب ان يضمن دخول العضو الدوار فى العضو الساكن .

لكى لا تتضرر علب المجارى يجب البدء بثنى الاقسام الجبهية من مسافة ١٠ - ١٥ مم من حافة رزمة الفولاذ ، وينفذ الثنى بصفيحة خاصة توضع بكامل سطحها على الاقسام الجبهية ، ثم يطرق على الصفيحة بالمطرقة . ومن المستحسن عند الثنى استخدام شياق خشبى خاص شكله مماثل للمخروط الناقص ، كما ينصح باستخدام شابلونة لفحص تماثل الثنى على دائرة العضو الساكن . وبما أن الوشائع ترص على بعضها البعض عند ثنى الاقسام الجبهية ،

مما قد يسبب انهيار العوازل ، فلذا ينصح بوضع تساميك اضافية بين الوشائع في اماكن تلامسها .

ويكون تنزيل الملفات الاحادية الطبقة أبسط من الثنائية الطبقات ، لانه لا ضرورة عندئذ في رفع جانب واحد لوشائع الخطوة الاولى ثم تنزيله لاحقا ، كما لا ضرورة في تنزيل الصفائح بين الطبقات داخل المجارى ، أما بقية العمليات في تنزيل الملفات الاحادية والثنائية فتتشابه فيما بينها . تربط الاقسام الجبهية لملفات التنزيل وتحزم بمساعدة الابر والخيوط وبشريط من القماش .

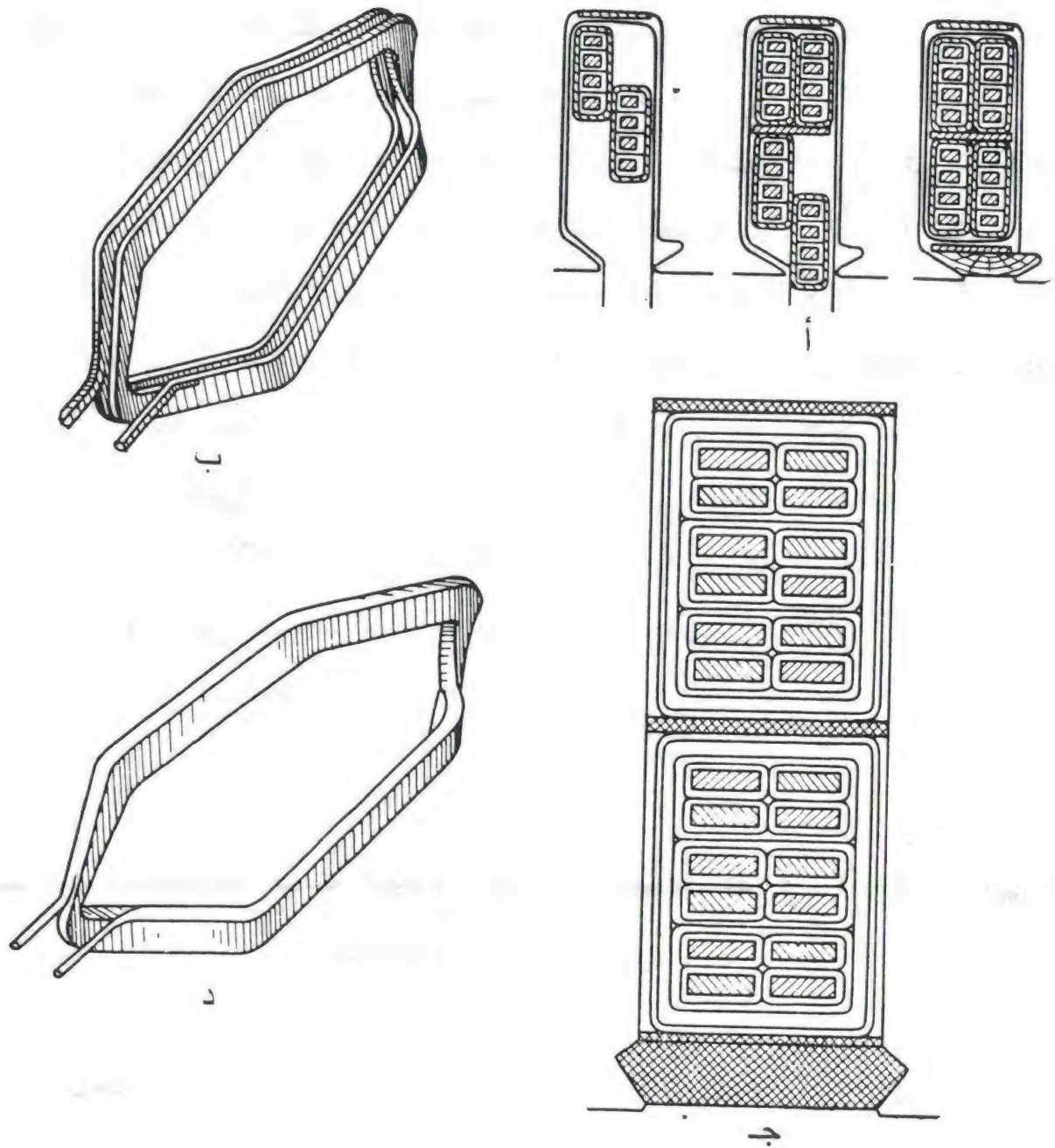
وبعد الانتهاء من تنزيل الوشائع في مجارى العضو الساكن واسفنة الملف ، يتم تجميع المخطط . فاذا كان طور الملف قد تم لفه بوشائع منفصلة ، فان تجميع المخطط يبدأ من التوصيل المتسلسل للوشائع لتشكل مجموعات وشائعية . وتؤخذ كبدائيات للاطوار مآخذ المجموعات الوشائية الخارجة من المجارى الواقعة بجوار قواعد المآخذ . وينفذ تجميع المخطط بشكل اولى بلف الاسلاك مع بعضها بعد تعريتها من العوازل عند مآخذ الوشائع والمجموعات الوشائية والاطوار في الملف ، مع العزل البسيط لاماكن الاسلاك المربوطة مع بعضها وكذلك يجب ثنيها وابعادها عن القلب . ويمكن فحص صحة توصيل المخطط بالجهاز EJT-1 ، ويمكن كذلك القيام بهذا الفحص بواسطة كرة فلاذية من المدرجة الكروية (قطر الكرة يجب ان يكون بحيث لا تتورط في الشقوق) . ويصل ملف العضو الساكن مع شبكة ثلاثية الاطوار بفلظية منخفضة ، وتوضع الكرة على السطح الداخلى للعضو الساكن . فاذا دارت الكرة على دائرة العضو الساكن ، فان المخطط موصول بشكل صحيح . ويمكن القيام بمثل هذا الفحص بواسطة دوامة تتألف من قرص من الصاج يثقب في وسطه ويثبت بمسمار على قبضة خشبية .

وبعد فحص المخطط يتم توصيل اماكن وصل الوشائع والمجموعات الوشائية بواسطة لحام المونة او اللحام العادى ، وتعزل بالانابيب الملبسة مسبقا ، او تعزل بالنسيج الزجاجى . وتثبت اماكن التوصيل حسب المخطط على الاقسام الجبهية للملف ، وتصنع مآخذ اطوار الملف بسلك التركيب ذى

المقطع والماركة المطابقة (حسب صنف العازلية) . العضو الساكن مع الملف الذى تم اصلاحه الى قسم التشريب والتجفيف .
ومن الجدير بالذكر ، انه عند ادخال ملفات التنزيل فى الاعضاء الساكنة للمكنات الصغيرة ، تعرقل الجوانب العلوية غير المنزلة فى البداية عملية التنزيل اللاحقة للملف الثنائى الطبقات ، وذلك لانه اذا كان قطر الثقب الداخلى المخروط فى العضو الساكن صغيرا ، فان الجوانب العلوية المذكورة تشغل معظم الفراغ الكائن فى الثقب . وفى هذه الحالة ، تنزل جميع وشائع الخطوة الاولى بجانبها على الفور الى الطبقات السفلية للمجارى ، اما وشائع الخطوة الاخيرة فينزل طرفها فى الطبقات العلوية للمجارى . وتسهل هذه الطريقة تنزيل الملف ، غير ان الاقسام الجبهية له تكون زائدة ، بحيث تبرز اكثر من المعتاد .

البند ٥٠ - الملفات ذات الوشائع الجسيئة المستخدمة فى الاعضاء الساكنة لمكنات التيار المتناوب

تستخدم الملفات ذات الوشائع الجسيئة ، والمصنوعة من السلك المستطيل المقطع ، فى الاعضاء الساكنة للمكنات المتزامنة واللامتزامنة التى تزيد قدرتها (استطاعتها) عن ١٠٠ كيلوواط . وتكون قلوب الاعضاء الساكنة عندئذ ذات مجارى مفتوحة او نصف مفتوحة ، وجدرانها متوازية ، وتستخدم المجارى نصف المفتوحة (الشكل ١٥١ ، أ) . عادة فى المكنات التى تصل قدرتها حتى ٤٠٠ كيلوواط بفلطية تصل حتى ٦٦٠ فولط . ويكون شق هذه المجارى مزاحا عن الوسط الى الجانب ، أما عرضه فيكون عادة أكبر بقليل من نصف العرض الكلى للمجرى . ويوضع فى المجارى عادة ، الملف الثنائى الطبقات والمصنوع من الوشائع الجسيئة المسبقة التشكيل . وتصنع الوشيعة بحيث تكون مفصولة الى قسمين بالعرض ، كما هو مبين على الشكل ١٥١ ، ب ، مما يسمح بتعبئة المجرى عبر الشق .



الشكل ١٥١ - مجارى وشائع الملفات من السلك المستطيل المقطع :
 أ - مجرى نصف مفتوح وتسلسل وضع انصاف الوشائع الجسيئة فيه ، ب - وشيعة جسيئة مؤلفة
 من نصفين لأجل العضو الساكن المزود بمجارى نصف مفتوحة ، ج - مجرى مفتوح فى العضو
 الساكن ، د - وشيعة جسيئة للملف الثنائى الطبقات لأجل المجارى المفتوحة

وبالرغم من ان استخدام المجارى النصف مفتوحة مرتبط بزيادة عدد
 الوشائع (نحصل على وشائع مقسمة مضاعفة العدد) ، مما يعقد تنزيلها وتوصيلها
 وعزل الملف ، اى يزداد حجم اعمال اللف ، فان المجارى النصف مفتوحة
 تستخدم بشكل واسع فى المكنات العاملة بالتيار المتناوب ، لانها بالمقارنة
 مع المجارى المفتوحة تحدث مقاومة اقل للتيار المغناطيسى ، وتسمح بزيادة
 $\cos \varphi$ والدلائل الاخرى للمكنة .

تغزل انصاف الوشائع بالورق او الشريط ، اما فى المجارى فتوضع
علب المجارى العازلة ، المصنوعة مثلاً من طبقتين من الكرتون الكهربائى
توضع بينهما طبقة من النسيج المشرب باللك ، وتغزل الاقسام الجبهية
لانصاف الوشائع بالشريط . وعند تنزيل الوشائع فى المجرى ، غالباً ما
يوضع كرتون رقيق مشقق يبرز من المجرى ليشكل ما يسمى بعلبة التمرير)
(مبينة بخط رفيع على الشكل ١٥١ ، أ) ، وتكون سماكة الكرتون ٠,٢ مم .
وان علب التمرير هذه تنزع بعد التنزيل ، غير انها تسهل تنزيل الملف
الى المجرى وتقى عازل انصاف الوشائع من التلف والتضرر بالاطراف الحادة
للروايش .

وتستخدم فى الآونة الاخيرة طريقة عزل الأقسام الجبهية لأنصاف الوشائع
بلك خاص КП-22 ، حيث تغطس انصاف الوشائع الجاهزة بأقسامها
الجبهية فى اللك ، ومن ثم تجفف بدرجة ١٥٠ - ١٧٠ ° م لمدة ٧ - ١٠
دقائق . ويسمح التشريب المسبق باللك للأقسام الموجودة ضمن المجرى
لأنصاف الوشائع بان نستغنى عن عزلها بورق كابلات الهاتف . وكل هذه
الاعمال تسهل اعمال اللف لحد كبير .

تستخدم المجارى المفتوحة عادة فى الاعضاء الساكنة للمكنات الضخمة
المحسوبة على الفلطية العاليه (الشكل ١٥١ ، ج) ، حيث توضع فيها ملفات
ثنائية الطبقات مؤلفة من قطاعات جسيئة (الشكل ١٥١ ، د) . ولا يكفى
العازل الاسطوانى لأسلاك الوشائع بورق الهاتف فى هذه المكنات ، لذلك
تستخدم هنا عوازل متواصلة للوشائع عن طريق ضفرها بشرائط على محيطها .
وتصنع الوشائع غالباً من اسلاك يتألف عازلها من ثلاث طبقات من غشاء
الافسان (القماش الاصطناعى) يلف عليها ملف من الغزل القطنى .

اذا كانت ملفات الاعضاء الساكنة للمكنات العاملة بالتيار المتناوب
مصنوعة من الاسلاك ذات مقطع مستطيل الشكل ، فهى تنزل عادة الى
المجرى بحيث ينطبق عرضها الأكبر مع عرض المجرى . وهذا يستحسن
لتنقيص الضياعات الاضافية الناجمة عن التيارات الدوامية .

وتثبت الأقسام الموضوعة فى المجارى للملفات الحاوية على وشائع

جسيئة ، بمساعدة اسافين المجارى المصنوعة من خشب قاس (بلوط ، بتولا ، قيقب) وكذلك من التكستوليت او الورق الراتنجى . اما الاقسام الجبهية لمثل هذه الملفات فتثبت بالصفائح والمشدات الخشبية او من الورق الراتنجى ، التى تثبت غالبا بصبالم الى فلكات الشد فى قلب العضو الساكن . وفى الملفات الثنائية الطبقات تثبت الاقسام الجبهية بمساعدة حلقات التريط الفولاذية ، التى يلحم بها عادة عدد من الصفائح ، الملولبة بصبالم مع قلب العضو الساكن . وتعزل الحلقة مع الصفائح بعدة طبقات من الشريط ، وكذلك بتساميك من الكرتون الكهربائى . وتثبت الاقسام الجبهية للملف مع الحلقة بخيط متين ملفوف من القنب او بالشريط .

وخلافا لملفات التتريل عند اصلاح الملفات ذات القطاعات الجسيئة ، والمستخدمه عادة فى الاعضاء الساكنة للمكنات ، يتم استبدال فقط ذلك الجزء من الملف حيث توجد الوشائع المعطوبة .

وفى هذا النوع من الملفات غالبا ما نصادف الاعطال التى تكون عبارة عن قصر دائرة بين وشائع الاطوار المختلفة ، وقصر دائرة الملف على الهيكل . وهنا تندر مصادفة قصر الدائرة بين اللفات ، وذلك لان الاسلاك ذات المقطع المستطيل الشكل تتمتع بعازل متين بما فيه الكفاية ، وتستقر فى المجرى بشكل منتظم ، مما يساهم فى المحافظة على العازل .

ان تسلسل عمليات تبديل الوشائعة المتضررة بخرق العازل يجرى كما يلى : لكى ننزع الوشائعة المتضررة من المجارى نقوم برفع الجوانب العلوية للوشائع التى تقع ضمن خطوة الملف فى المجارى . ولهذا الغرض ، ينزع العازل الكائن بين توصيلات الوشائع والاطوار ، والاربطة التى تربط بها الاقسام الجبهية مع حلقات التريط ، ويتم ابعاد المشدات الموجودة بين الاقسام الجبهية ، ويفك لحام التوصيلات بموجب خطوة الملف . ويمرر تيار مستمر عبر الوشائع التى يجب رفعها من المجارى ، وتسخن حتى الدرجة ٨٠-٩٠° م على سطحها . وبعد ذلك ترفع الجوانب العلوية للوشائع على خطوة الملف بواسطة الاسافين الخشبية ، وتثنى بعناية الى داخل العضو الساكن ، وتربط مع الاقسام الجبهية للوشائع الباقية بشريط عازل .

ثم تنزع الوشيعية ذات العازل المخروق ، من المجارى ويتم الكشف على مجارى العضو الساكن ، فاذا عثرنا فى المجارى على روايش يجب ازالتها بالمبرد ، ثم تنفخ المجارى بالهواء المضغوط بالنربيج . وتوضع فى هذه المجارى وشيعية جديدة مسخنة حتى $80 - 90^{\circ} \text{ م}$ ، وتدق بطرقات خفيفة بالمطرقة من خلال لوح خشبى يوضع على كل طول الوشيعية فى القسم الموضوع ضمن المجرى . اما الاقسام الجبهية للوشيعية فترص بمطرقة خشبية ، وتربط الجوانب السفلية للأقسام الجبهية مع حلقات التريط بخيط ملفوف ، ويتم ادخال تساميك بين الاقسام الجبهية و ثم ربطها . وفى حال تضرر الشريط المغطى على جوانب الوشيعية ، ينزع الشريط ويعاد عزل الاقسام الجبهية مجددا .

وبعد ذلك تنزل الوشائع المرفوعة من قبل ، الى المجارى وتسوى فى الحالة الساخنة ، وتؤسفن المجارى من طرفى العضو الساكن فى آن واحد . ويتم اختبار المتانة الكهربائية لعازل اللفات وعازل الهيكل للملف (وفى حال خرق العازل يعاد الاصلاح مجددا) . ثم تلحم وتعزل التوصيلات والملف بكامله طورا طورا ، وتفحص متانة العازل بين اللفات وعزل الهيكل ، ويغطى سطح العضو الساكن باللك .

ان تصنيع الوشائع لملف العضو الساكن فى المكنات الضخمة ، من الاسلاك ذات المقطع المستطيل الشكل ، يحتاج الى استخدام معدات خاصة كبيرة الحجم وغالية الثمن ، يمكن استخدامها بشكل عقلانى فقط فى مصانع الاصلاح الكهربائى الضخمة والمتخصصة . ولذلك ، يجب على ورشات الاصلاح ان تطلب الوشائع التبديلية اللازمة للمكنات الكهربائية الضخمة التى تستخدم فى منطقة نشاطها ، من المصانع التى صنعت هذه المكنات او من المصانع المخصصة بالاصلاح ، حيث ان التصنيع المحلى للوشائع الجسيئة المخصصة للاعضاء الساكنة للمكنات الكبيرة العاملة بالتيار المتناوب ، يؤدى عادة الى رداءة الاصلاح .

المستطيل الشكل . وتوضع ملفات التتزيل فى مجار نصف مغلقة لها شكل شبه منحرف او شكل بيضوى ، اما الملفات ذات الوشائع الجسيئة فتوضع فى مجار مفتوحة يكون عرضها عادة ٥ - ٦ مم .

وتصنع عادة الاعضاء الدوارة الطورية للمحركات ذات القدرة المتوسطة والكبيرة بملفات قضيبية وموجية (العقدية بشكل أندر) ثنائية الطبقات ، توضع فى مجار نصف مغلقة وجدرانها متوازية ويتم ادخال القضبان فى مجارى العضو الدوار من الجانب الطرفى ، لذا فان القسم الجبهى للقضيب يمكن ان يشنى مسبقا فقط من طرف واحد على الشابلونة ، ويشنى من الطرف الثانى بعد وضعه فى المجرى ، أى فى العضو الدوار . ويبين الشكل ١٥٢ ، ب القضيب الذى يدخل فى مجرى العضو الدوار ، وهذا القضيب هو عبارة عن نصف قطاع لملف موجى قضيبى ، ويبين بخط متقطع كيف يشنى القسم الثانى الجبهى لنصف القطاع بعد وضعه فى العضو الدوار . ويستخدم النحاس ذو المقطع المستطيل الشكل او ما يسمى بالنحاس الخاص للعضو الدوار وذو المقطع الخاص ، لتصنيع الملفات القضيبية . وتوصل الاقسام الجبهية للقضبان بعضها مع البعض بمساعدة الاطواق ، كما هو مبين على الشكل ١٥٢ ، ج ، بحيث يوضع اسفين نحاسى بين القضبان (الشكل ١٥٢ ، د) ، ثم تلحم بالمونة جميع توصيلات القضبان . وتوضع فى بعض الاطواق (خلال ٣ - ٥) صفائح من الفولاذ الصفيحى المبيض ، وذلك لتحسين تهوية المكنة (الشكل ١٥٢ ، هـ) ، حيث انها تقوم بدور ريش التهوية . يبرز الجزء المستقيم (قبل مكان الثنى) عادة من المجرى بمقدار ١٠ - ٣٠ مم (تبعا لابعاد المكنة والقضبان) ، وتؤخذ المسافة بين الاقسام الجبهية للقضبان المتجاورة بحيث لا تقل عن ٢,٥ عندما تكون الفلطية أقل من ٥٠٠ فولط ، ولا تقل عن ٣,٥ مم عندما تزيد الفلطية على ٥٠٠ فولط .

يوصل ملف العضو الدوار عادة على شكل نجمى ، وتوصل نهايات الاطوار فيما بينها بواسطة القضيب الصفرى ، اما بدايات الاطوار فتوصل كذلك بمساعدة قضبان التوصيل الى ثلاث حلقات التماس . وبالإضافة

الى ذلك توجد قضبان توصيل خاصة لتوصيل اجزاء الملف على التسلسل او على التوازي . وتوضع عادة قضبان التوصيل والقضيب الصفري من الجانب الداخلى لماسك الملف وتثبت عليه بمشابك (الشكل ١٥٢ ، ج) . ولوصل قضبان الملف مع قضبان التوصيل ، تثنى الاولى منها او تستخدم قضبان توصيل اضافية .

لتجميع المكنة وفكها يكون القسم الجبهى لملف العضو الدوار مثنيا نحو المركز بمقدار ٥ - ٦ مم ، كما هو مبين على الشكل ١٥٢ ، ز . يتعلق عزل القضبان لملف العضو الدوار بالفلطة الكائنة بين حلقات التماس ، فمن اجل الفلطة التى تقل عن ٥٠٠ فولط يستخدم عادة الورق البيكالىتى الذى يلف به القضيب ب ٥ - ١٠ طبقات ، وتوضع فى المجرى علبة العزل المصنوعة من الكرتون الكهربائى بسماكة ٠,٢ مم ، اما القسم الجبهى فيعزل بشريط مصنوع من التفتا او بشريط مشرب باللك ، او بشريط من القماش . واذا زادت الفلطة عن ٥٠٠ فولط يعزل الملف فى قسمه الموجود فى المجرى بواسطة رقائق مغطاة بالميكال ، اما القسم الجبهى فيعزل بشريط مصنوع من الميكال .

يتعرض الملف الطورى الموضوع فى مجارى العضو الدوار اثناء عمل الآلة ، الى تأثير القوى النابذة ، لذا يجب تثبيته فى المجارى وكذلك فى الاقسام الجبهية ، وغالبا ما تستخدم الاسافين لتثبيت جزء الملف الموجود فى المجارى . ويفضل استخدام الاسافين المصنوعة من التكستوليت او الورق المشرب بالراتنج للعضو الدوار ، وذلك لان الاسافين الخشبية تجف اثناء استثمار المكنة ويضعف تأثيرها .

وتثبت عادة الاقسام الجبهية لملفات الاعضاء الدوارة الطورية فى المكنات ذات القدرة المتوسطة والكبيرة باربطة سلكية تشدها على ماسكات الملف انظر الشكل ١٥١ ، و) ، ويوضع تحت هذه الاربطة عازل سماكته ٠,٥ - ١ مم بعرض يزيد ١٠ - ١٥ مم عن عرض الرباط . وتحاط الاربطة السلكية فى عدة اماكن بواسطة مشابك من الفولاذ الصفيحى المبيض ، وتلحم بالمونة .

وفي السنوات الاخيرة اخذت تستخدم بشكل اوسع الاربطة المصنوعة من الالياف الزجاجية ، التي تحل محل الاربطة السلكية . ويتم الحصول على الرباط الليفي الزجاجي بلف الشريط الزجاجي المشرب الذي تعادل سماكته ٠,٢ مم وعرضه من ٥ الى ٣٠٠ مم ، على التسمية التي توضع فوق الاقسام الجبهية للملف . ويلف الشريط بتراكب نصفى وبعده طبقات ، ويثبت طرفه بصهره جزئيا . ومن مميزات الاربطة الليفية الزجاجية نذكر عدم وجود الضياعات الكهروطيسية ، التي تظهر في الاربطة السلكية الفولاذية وتؤدي الى تسخينها ، وكذلك الضمانة الأكبر وقلة حجم اعمال التحضير والتصنيع .

لا تختلف تقريبا طرق اصلاح ملفات التزليل للاعضاء الدوارة للمحركات اللامتزامنة ، في الواقع العملي ، عن اصلاح ملفات التزليل في ملفات الاعضاء الساكنة . ونذكر من بعض الخصائص في تصنيع ملفات الاعضاء الدوارة ، أنه يلزم توضع الاقسام الجبهية بشكل منتظم قدر الامكان ، وذلك لموازنة الكتل الدوارة للعضو الدوار ، وخاصة لدى المحركات السريعة .

كما ذكر اعلاه ، تعتبر الملفات القضيبيية والموجية الثنائية الطبقات هي الملفات الأكثر انتشارا في الاعضاء الدوارة للمكنات المتوسطة والكبيرة . وفي هذه الملفات المصنوعة من القضبان النحاسية ، لا تتضرر عادة القضبان ذاتها، وانما تتضرر عوازلها. وغالبا ما يحدث ذلك نتيجة لفرط الاحماء اثناء عمل المكنة، مما يؤدي غالبا الى تضرر عازل المجارى في العضو الدوار. وعند اصلاح الاعضاء الدوارة ذات الملفات القضيبيية تستخدم القضبان النحاسية للملف المعطوب عادة للمرة الثانية . ولذلك تزرع القضبان من المجارى بحيث يحافظ على كل قضيب ، ويوضع ثانية بعد استعادة العازل في نفس المجرى الذي كان فيه قبل الفك . ولهذا الغرض نرسم مخططا كروكيا للعضو الدوار ونسجل بعض المعطيات عن العناصر التالية للملف :

— الاربطة : عدد الاربطة وامكنتها وعدد اللفات والطبقات لسلك التريط ، وقطر سلك التريط وعدد الاقفال ، وعدد طبقات عازل الاربطة والمادة التي يصنع منها هذا العازل ؛

- الاقسام الجبهية للملف : طول البروزات ، اتجاه ثنى القضبان ، خطوات الملف (الامامى والخلفى) ، والانتقالات (الوصلات) ، فى اية مجار تقع بدايات الاطوار ونهاياتها ؛
- اقسام الملف الواقعة فى المجارى : ابعاد القضيب (المعزول وغير المعزول) ، طول القضيب فى حدود المجرى والطول الكلى للجزء المستقيم ؛
- العوازل : المادة التى تصنع منها وابعاها وعدد طبقات عزل القضبان ، وعلبة المجارى والتساميك الموضوعة فى المجارى وفى الاقسام الجبهية ، واستخدام عملية عزل ماسك الملف والخ ؛
- اثقال الموازنة : عددها واماكنها ؛
- مخطط الملف : مخطط كروكى لكامل الملف مع ترقيم المجارى والاشارة الى خواصها المميزة .
- ويجب تنظيم المخططات اليدوية والسجلات بعناية ، خاصة عند اصلاح المكونات ذات التصميم القديم .
- وتتزع القضبان من ملفات الاعضاء الدوارة كما يلى :
- تفك اقفال الاربطة وتتزع الاربطة ؛
- تسجل وتعلم المجارى التى تقع فيها بدايات الاطوار ونهاياتها وكذلك الوصلات الانتقالية ، طبقا لترقيم المجارى على مخطط الملف ؛
- تتزع الاسافين من مجارى العضو الدوار ؛
- يفك لحام الرؤوس ، وتتزع اطواق الوصل وتنظف القضبان والاطواق من آثار لحام المونة ؛
- يجرى تقويم الاقسام الجبهية المشنية للطبقة العلوية من جهة حلقات التماس (انظر الشكل ٨٢ ، ز ، ح) ، ونزعها من المجرى ، وعندئذ يسجل ويعلم كل قضيب بحيث يذكر رقم المجرى والطبقة ؛ وتتزع قضبان الطبقة السفلية بنفس الطريقة ؛
- تنظف القضبان من العازل القديم وتقوم (تجلس) ، وتزال عنها النتوءات والخدوش ، وتنظف اطرافها بفرشاة معدنية ؛
- تنظف مجارى قلب العضو الدوار وماسكات الملف والفلكات

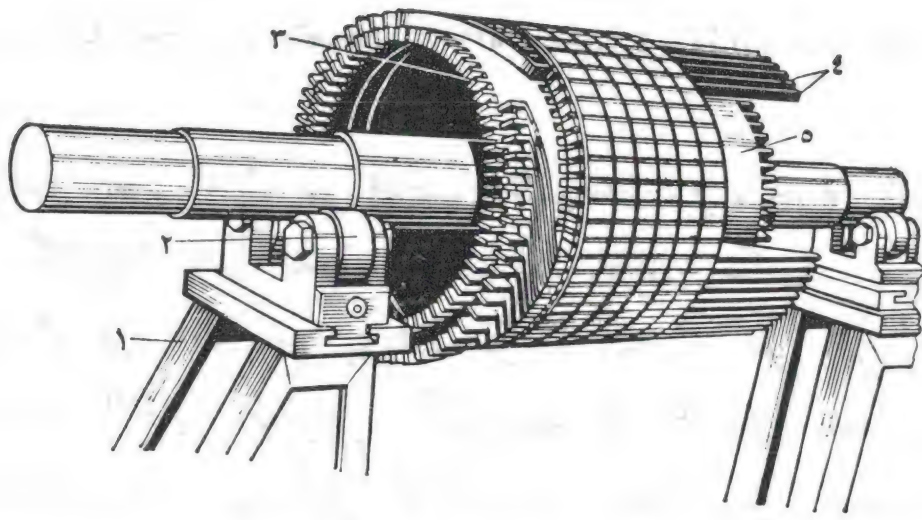
الضاغطة من بقايا العازل ، وتفحص حالة المجارى وتزال النتوءات والخدوش اذا وجدت .

اذا لم يتسن ابعاد العازل عن القضبان المنزوعة من مجارى العضو الدوار بالطريقة الميكانيكية فانها تحرق عندئذ في افران خاصة بدرجة حرارة ٦٠٠ - ٦٥٠ م° دون السماح بزيادة درجة الحرارة اعلى من ٦٥٠ م° ، لان ذلك يلحق الاذى بالخواص الكهربائية والميكانيكية لنحاس القضبان بسبب فرط الاحماء . ويمكن كذلك ازالة العازل عن القضبان بطريقة كيميائية بتغطيسها لمدة ٣٠ - ٤٠ دقيقة في حوض يحوى على محلول حمض الكبريت بتركيز ٦٪ . ويستحسن غسل القضبان المنزوعة من الحوض في محلول قلوى وفي الماء ، وبعد ذلك تمسح بخرقه وتجفف . وتبيض اطراف القضبان بالمونة .

يجرى عزل القضبان التى تم تخليصها من العازل القديم وتجليسها بحيث تستخدم المواد العازلة بنفس الابعاد والموصفات ، التى استخدمها المصنع . وبعد ذلك تشرب عوازل القضبان باللك ، ثم تجفف وتحمى العوازل الجديدة للقضبان تبعا للطريقة المطلوبة لللك (فى الفرن أو فى الهواء الطلق) . ويستعاد كذلك عازل المجارى ، بوضع التساميك والعلب (عادة من الكرتون الكهربائى بسماكة ٠,٣ مم) على قعر المجارى بحيث تبرز بانتظام من طرفى القلب للعضو الدوار .

وبعد انتهاء الاعمال التحضيرية يبدأ تجميع الملف (الشكل ١٥٣) . ينحصر تجميع الملف القضيبى للعضو الدوار فى الاعمال الاساسية التالية : وضع القضبان فى مجارى قلب العضو الدوار ؛ وثنى الاقسام الجبهية للقضبان ؛ وتوصيل قضبان الصفين العلوى والسفلى بلحام المونة او اللحام العادى .

ترد القضبان لوضعها فى المجارى وهى مثنية من طرف جبهى واحد ، وتثنى الاطراف الثانية لهذه القضبان بمفاتيح خاصة بعد ان توضع فى المجارى . فتوضع فى البداية ضمن المجارى قضبان الصف السفلى بادخالها الى المجارى من الجانب المقابل لحلقات التماس . وبعد وضع كامل الصف السفلى من



الشكل ١٥٣ - عضو دوار طورى لمحرك كهربائى لامتزامن اثناء عملية تجميع الملف القضيبى :
 ١ - دعامة تجهيزة التدوير ، ٢ - دحروج ، ٣ - الصف السفلى للقضبان ، ٤ - الصف العلوى
 للقضبان ، ٥ - عازل بين الصفين العلوى والسفلى للقضبان

القضبان تنزل الاقسام المستقيمة منها على قعر المجارى ، اما الاقسام الجبهية
 المثنية فتنزل على الماسك المعزول للملف . ثم تشد اطراف الاقسام الجبهية
 المثنية بشكل متين بواسطة رباط مؤقت من السلك الفولاذى الطرى ، بحيث
 تشدها باحكام على ماسك الملف . ويلف الرباط السلكى المؤقت الثانى
 وسط الاقسام الجبهية اثناء اجراء العمليات اللاحقة لثنيها .

بعد تثبيت القضبان باربطة مؤقتة يبدأ بثنى الاقسام الجبهية ، وتثنى
 القضبان بمساعدة مفتاحين خاصين (انظر الشكل ٨٢ ، ز ، ح) اولا حسب
 الخطوة وثانيا حسب نصف القطر لتأمين البروز المحورى المطلوب والالتصاق
 المحكم على ماسك الملف .

ويجرى ثنى القضبان على الطريقة التالية :

— يؤخذ المفتاح العلوى باليد اليسرى وتلبس فتحته على القسم المستقيم

للقضيب والبارز من مجرى القلب ؛

يمسك المفتاح السفلى باليد اليمنى وتلبس فتحته على القسم الجبهى

للقضيب ، ويقرب المفتاحان احدهما من الاخر ، ومن ثم يثنى القضيب

بزاوية معينة بواسطة المفتاح السفلى .

لا يمكن ثنى القضبان الاولى فورا بالزاوية المطلوبة حسب المخطط ،

لأن الاقسام المستقيمة للقضبان المجاورة لا تسمح بذلك ، لذا نستطيع

ثنى القضيب الاول بمقدار المسافة الكائنة بين القضبان فقط ، وثنى القضيب الثانى بمقدار ضعف المسافة ، وثنى القضيب الثالث بثلاثة اضعاف المسافة ، وهكذا دواليك حتى يتم ثنى القضبان التى تشغل ٢ - ٣ خطوات للملف ، وبعد ذلك يصبح بالامكان ثنى القضيب بالزاوية المطلوبة . وآخر ما تشنى هى تلك القضبان التى بدأ الثنى منها .

وتثنى كذلك اطراف القضبان ، بمساعدة مفاتيح خاصة ، حيث تلبس عليها اطواق الوصل ، وبعدئذ تنزع الاربطة المؤقتة ، وتوضع العوازل بين الطبقات على الاقسام الجبهية ، اما فى المجارى فتوضع التساميك العازلة بين قضبان الطبقتين العلوية والسفلية .

وبعد وضع قضبان الصف السفلى تنتقل الى وضع قضبان الصف العلوى للملف ، ويتم ادخال قضبان الصف العلوى من الجانب المقابل لحلقات التماس للعضو الدوار . وبعد ادخال جميع قضبان الصف العلوى توضع على القضبان اربطة مؤقتة ، وتوصل اطرافها بسلك نحاسى لفحص حالة عازل الملف (عدم وجود قصر الدائرة مع الهيكل) .

اذا كانت نتائج اختبار العوازل مقبولة ، يستمر تجميع الملف وتثنى اطراف القضبان العلوية باستخدام نفس الطرق المماثلة لطرق ثنى قضبان الطبقة السفلية ، مع فرق واحد فقط هو ان القضبان تثنى الآن فى الجهة المعاكسة . وتثبت كذلك الاقسام الجبهية المثنية للقضبان العلوية برباطين مؤقتين .

وبعد ادخال قضبان الصفيين السفلى والعلوى بجفف ملف العضو الدوار بدرجة ٨٠ - ١٠٠ م° فى الفرن او فى خزانة التجفيف ، اللذان يجب ان يحتويا على التهوية .

يتعرض الملف المجفف الى الاختبار بوصل احد الالكترودات من محول الاختبار على الفلطية الى اى قضيب من قضبان العضو الدوار ، ووصل الالكترود الآخر مع سن القلب بعد تنظيفه حتى اللعان او مع عمود العضو الدوار . وبما ان قضبان ملف العضو الدوار متصلة مع بعضها كهربائيا ، يتم فحص عوازل جميع القضبان بآن واحد .

ويعتبر توصيل القضبان وادخال الاسافين الى المجارى وتربيط الملف ،
هى العمليات النهائية لتصنيع الملف الجديد للعضو الدوار للمكنة الجارى
اصلاحها .

ويتم توصيل القضبان غالبا بلحام المونة بمساعدة اطواق مفضضة ،
تلبس على اطراف القضبان . تصنع الاطواق من رقائق النحاس أو من انبوبة
نحاسية رقيقة الجدران . وتستخدم كذلك أطواق تقفل ذاتيا ، تصنع من رقائق
نحاسية سماكتها ١ - ١,٥ مم . ويكون احد طرفي الطوق الذى يقفل ذاتيا
ذا بروز تشكيلي ، اما الطرف الآخر فيحتوى على حفرة مطابقة لهذا البروز ،
وعند ثنى الطوق يدخل البروز فى الحفرة ويشكل قفلا يمنع الطوق من التقويم
الذاتى .

تركب الاطواق على اطراف القضبان وفق المخطط ويدخل اسفين
تماس نحاسى واحد بين كل طوقين بواسطة الطرف ، ومن ثم يلحم مكان
الوصل بكاو ، او بتغطيس اطراف قضبان الملف المجمع للعضو الدوار فى
حوض يحتوى على المونة المصهورة ، وتقوم هذه الاسافين النحاسية باحداث
تماس مضمون بين اطراف القضبان ، وذلك لان طبقات القضبان مفصولة
بعوازل ، مما يجعل اطرافها لا تتلامس بشكل محكم مع بعضها البعض .
يستخدم احيانا توصيل القضبان بواسطة اللحام العادى بقصد رفع ضمانية
عمل المكنات وتوفير المونة الغالية الثمن المصنوعة من الرصاص والقصدير ،
غير ان لهذه الطريقة عدة نواقص ، وعلى وجه الخصوص تنخفض صلاحية
المكنة لاعادة اصلاحها ، لان فك القضبان الموصولة باللحام العادى يتطلب
جهودا كبيرة وتنظيفها من آثار اللحام .

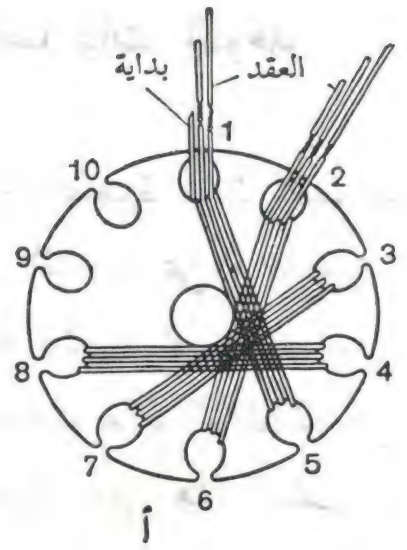
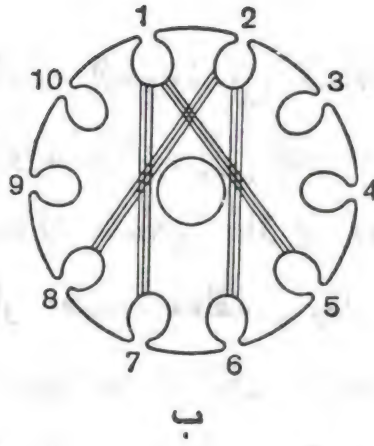
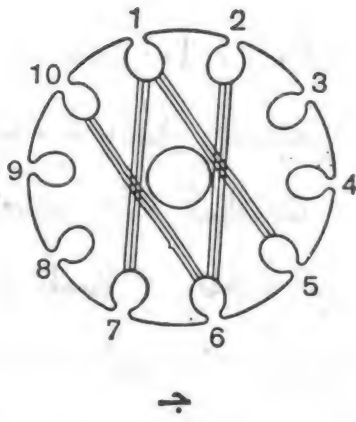
توصل ملفات الاعضاء الدوارة الطورية للمحركات اللامتزامنة ، على
الاغلب بشكل نجمى ، بحيث توصل معا ثلاثة اطراف حرة للقضبان من
اصل ستة ، اما الاطراف الثلاثة الباقية فتوصل مع حلقات التماس فى العضو
الدوار .

وبعد الانتهاء من تجميع قضبان الملف ولحامها يبدأ بتربيط العضو
الدوار .

البند ٥٢ - ملفات اعضاء الانتاج فى المكنات ذات الموحد

غالبا ما تستخدم الملفات اليدوية فى المكنات الصغيرة ذات الموحد والعاملة بالتيار المستمر والمتناوب ، التى يقل قطر عضو انتاجها عن ١٠٠ مم . وتصنع هذه الملفات من اسلاك مقطوعها دائرى مغطاة بالمينا او بعازل ليفى مع المينا ، وتوضع فى مجار نصف مغلقة . وقد حصلت هذه الملفات على تسمية «الملفات اليدوية» ، لانها كانت تلف سابقا يدويا . وفى هذا الملف ، لا تحضر الوشائع مسبقا ، اما السلك فيلف مباشرة فى المجارى ، مما يسمح بانقاص طول اللفات ومقدار بروز الاقسام الجبهية ، وبالتالي ينخفض استهلاك سلك اللف . وتستقر الاقسام الجبهية للملف اليدوى باحكام على طرف قلب عضو الانتاج ، وتدور حول العمود ، لذا توضع على طرفى القلب صفائح عازلة مصنوعة بطريقة الكبس من التكستوليت او الفايبر او الكرتون الكهربائى بسماكة ١ - ٢ مم ، اما العمود فيغزل فى الجزء الكائن تحت الاقسام الجبهية ، بشريط او جلبة عازلة (انبوبة) . وتوضع علب المجارى العازلة قبل بدء اللف ، فى مجارى قلب عضو الانتاج ، بحيث تبرز من المجارى بمقدار عدة مليمترات (تبعاً لابعاد عضو الانتاج) . وتنفذ عملية اللف بشد السلك مع السعى لعدم التصالب فى المجارى . وفى الملفات اليدوية توضع الوشائع الاولى على قعر المجرى ، ويلف عضو الانتاج بعد ترك عقد المآخذ لوصلها مع الموحد ، بحيث تخرج العقد من كل مجرى حسب عدد القطاعات .

يبين الشكل ١٤٥ ، أ احد اساليب تنزيل الملف اليدوى لعضو الانتاج فى المكنة ذات الموحد ، الذى يتمتع بالمعطيات التالية : عدد المجارى $z = 10$ ، عدد القطاعات فى المجرى $u_n = 3$ ، عدد اللفات فى القطاع $w_c = 37$ ، الخطوة بالمجارى $y_z = 4$ ، الخطوة بالموحد $y_k = 1$ ، عدد صفائح الموحد $K = 30$ ، عدد الاسلاك فى المجرى ٢٢٢ . وينفذ اللف حسب التسلسل التالى : تلف اولاً ٣٧ لفة من القطاع الاول من المجرى ١ الى المجرى ٥ ، ومن ثم يتم اخراج العقدة الاولى بطول حوالى ٤٠ مم



الشكل ١٥٤ - طرق تنزيل الملفات اليدوية لأعضاء الانتاج في المكنات ذات القدرة الصغيرة:
أ - الف بسلك متواصل ، ب - الف على هيئة «شجرة الارز» ؛ ج - الف بطريقة الوتر
المزدوج

من المجرى ١ ، وفي نفس المجارى المذكورة يلف القطاع الثانى ، وبعد ذلك يتم اخراج العقدة الثانية من المجرى ١ بشكل اطول من العقدة الاولى بمقدار ١٠ - ١٥ مم . وبعدئذ يلف القطاع الثالث فى نفس المجريين ١ و ٥ ، ويتم اخراج العقدة الثالثة من المجرى ١ بحيث يزيد طولها ١٠ - ١٥ مم عن العقدة الثانية .

ومن ثم يتم تحويل السلك الى المجرى ٢ دون قطعه عن بكرة ملف الاسلاك ، وتلف ثلاثة قطاعات بنفس الطريقة المذكورة تماما فى المجريين ٢ و ٦ بلف ٣٧ لفة فى كل قطاع وبأخراج ثلاث عقد مشابهة من المجرى ٢ ، اولا بطول ٤٠ مم ومن ثم عقدة اطول بمقدار ١٠ - ١٥ مم ، وأخيرا العقدة الثالثة اطول بمقدار ١٠ - ١٥ مم .

وبطريقة مماثلة تلف قطاعات على المجارى ٣ - ٧ و ٤ - ٨ ، وتكون المجارى آتخذ مملوءة حتى النصف . وستلف القطاعات اللاحقة من المجرى ٥ الى المجرى ٩ ، غير أن المجرى ٥ مملوء حتى النصف بالقطاعات الثلاثة الاولى . وبالتالي ، عندما سينتهى لف القطاعات الثلاثة من المجرى ٥ الى المجرى ٩ ، فان المجرى ٥ سيمتلئ بالكامل وستخرج منه كذلك ثلاث عقد مختلفة الطول .

ومن ثم يجرى اللف من المجرى ٦ الى المجرى ١٠ ومن المجرى ٧ الى المجرى ١ ، وبعدئذ ستمتلى المجرى ٦ و ٧ و ١ بكاملها . ويمتلى اخيرا المجرى ١٠ ، و ٤ ، ويخرج من القطاع الاخير للمجرى ١٠ الطرف الذى يجب وصله مع بداية الملف التى تخرج من المجرى ١ . وهكذا ، فان كل ملف عضو الانتاج يلف بسلك متواصل .

ثم توصل العقد ، التى تكون عبارة عن نهاية قطاع ما وبداية القطاع التالى ، مع صفائح التوحيد حسب تسلسل معين : العقدة القصيرة ثم المتوسطة ، ثم الطويلة من المجرى ١ ، ومن ثم العقدة القصيرة والمتوسطة والطويلة من المجرى ٢ ، وهكذا دواليك .

ومن نواقص الطريقة المذكورة اعلاه لللف الملف يعتبر عدم تناظر الاقسام الجبهية ، مما يؤدى الى عدم الموازنة لعضو الانتاج بشكل كبير ، وهذا شئ غير مرغوب فيه فى المكنات السريعة . ومن الصعب موازنة عضو الانتاج بأثقال اضافية ، وذلك لان المكان ضيق على عضو الانتاج الصغير ، ولا يتسع للأثقال الموازنة .

ويمكن تقليل هذا النقص باستخدام اللف اليدوى على الطريقة المبينة على الشكل ١٥٤ ، ب من اجل الملف الذى يتمتع بالمعطيات التالية : $z=10$ ؛ $u_n=1$ ؛ $w_c=10$ ؛ $y_z=4$ ؛ $y_k=1$ ؛ $K=10$. ويبدأ اللف من المجرى ١ ، حيث يلف فى البداية نصف القطاع اى خمس لفات فى المجرى ١-٥ ، ومن ثم يلف النصف الثانى للقطاع (ايضا خمس لفات) فى المجرى ١-٧ (اي بنفس الخطوة $y_z=4$) . وبعد لف القطاع الاول يمتلىء المجرى ١ الى النصف ، اما المجرى ٥ و ٧ فيمتلىء كل منهما حتى ربعه . وفيما بعد ننتقل الى المجرى ٢ ومنه نلف خمس لفات فى المجرى ٦ وخمس لفات فى المجرى ٨ . ونتابع اللف بنفس الطريقة ، غير ان هذه الطريقة لا تسمح باستخدام سلك متواصل ، وذلك لان القطاعات الملفوفة المتتالية لا تأتى احدها بعد الاخر حسب المخطط ، ونضطر الى قص السلك وتعليم نهايتى كل قطاع بعد لفه ، وذلك لكى نوصلها مع الموحد بشكل صحيح .

وبين الشكل ١٥٤ ، ج طريقة اخرى لتنفيذ الملف اليدوى لعضو الانتاج هى طريقة اللف بالوترين ، ويتمتع الملف بنفس المعطيات كما فى الحالة السابقة . ويتم اللف بوترين يقعان بشكل متناظر بالنسبة للعمود ، وهكذا تلف أولا خمس لفات فى المجارى ١ - ٥ ومن ثم ينتقل اللف الى المجارى ١٠ - ٦ ، ويلف الوتران اللاحقان فى المجارى ١ - ٧ و ٢ - ٦ ، ثم نتابع ازاحة الوترين حسب عقارب الساعة ونحيط كل مرة بزوجين من المجارى . وفى طريقة اللف بالوترين ، يقص السلك بعد لف كل قطاع ، وتعلم مآخذ القطاعات لكى يصبح بالامكان توصيلها مع صفائح التوحيد حسب التسلسل اللازم . وبالإضافة الى ذلك ، فان طريقة اللف هذه تسمح بتركيب الأقسام الجبهية للملف بشكل متناظر .

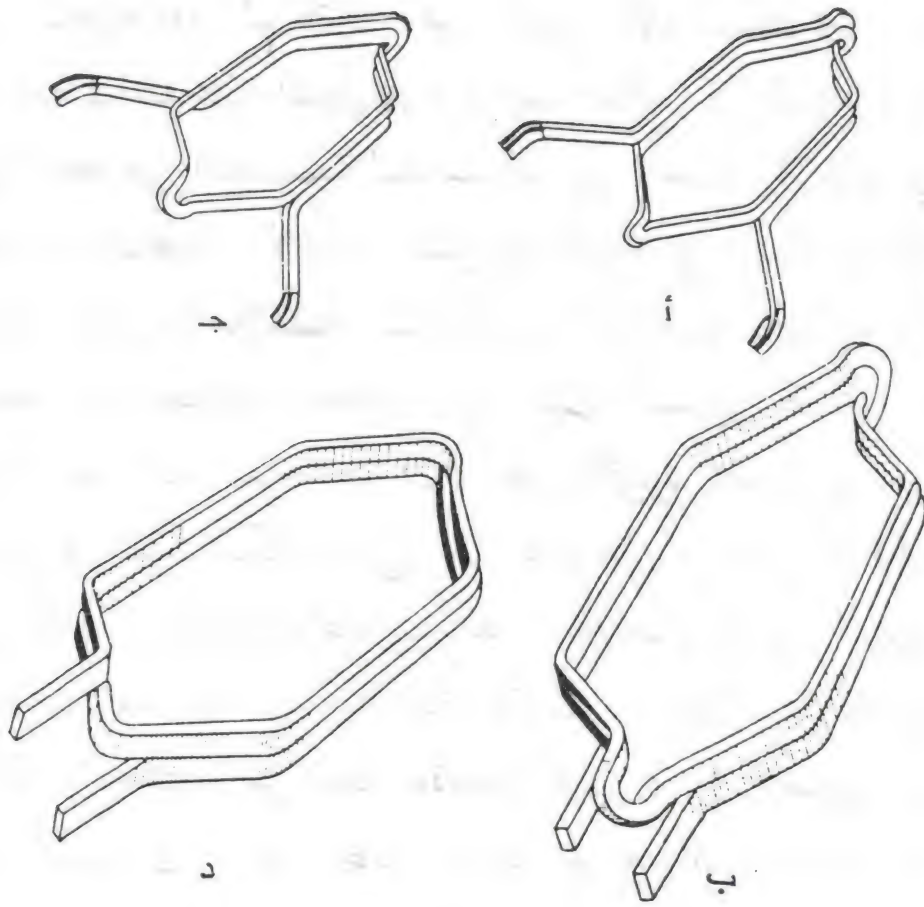
كما هو معروف ، فان خط الحياض الهندسى لا ينطبق مع الخط الفيزيائى لحد كبير ، بسبب رد فعل عضو الانتاج فى الممكنات الحاوية على موحد والتى لا تحتوى على اقطاب اضافية . لذا ، ففى مثل هذه الممكنات ، اذا احتوت على عوارض دوارة للفراشى وحواملها ، تزاح الفراشى فى المحركات بزاوية ما عن الخط الحياضى الهندسى باتجاه معاكس لدوران عضو الانتاج ، وتزاح الفراشى فى المولدات باتجاه ينطبق مع اتجاه الدوران . ولا تحتوى محركات صغيرة كثيرة ذات الموحد على عوارض دوارة ، لذا تضطر فى هذه المحركات الى الازاحة المسبقة للموحد بالنسبة للملف باتجاه دوران عضو الانتاج . وتعادل ازاحة صفائح الموحد عادة ١ - ٢ تقسيمة من تقسيمات الموحد .

تثبت الملفات اليدوية فى المجارى باسافين مصنوعة من التكتوليت أو الورق المشرب بالراتنج ، أما مآخذ الملف الذاهبة الى الموحد فتثبت بربطة من خيط القنب المشرب .

وغالبا ما تستخدم ملفات التتريز فى الممكنات الصغيرة ذات الموحد ، التى يكون فيها قطر عضو الانتاج اقل من ٢٠٠ مم . وتحتوى قلوب اعضاء الانتاج هذه عادة على مجار نصف مغلقة على شكل الكمثرى (الاجاصة) ، وينفذ الملف من السلك المعزول الدائرى المقطع . وتصنع القطاعات الطرية

للملف على شابلونة ومن ثم «تنزل» عبر الشقوق الى المجارى . حيث توضع هناك مسبقا اسطوانات عزل المجارى ، ويثبت الملف فى المجارى بالاسافين . وتشابه كثيرا الخواص التصميمية لملفات التنزيل لاعضاء الانتاج فى الممكنات ذات الموحد ، ولملفات الاعضاء الطورية الدوارة فى الممكنات اللامتزامنة ، وكذلك ملفات التنزيل للاعضاء الساكنة فى الممكنات المتزامنة واللامتزامنة . وتستخدم عادة ملفات مصنوعة من سلك مستطيل المقطع فى اعضاء الانتاج للممكنات ذات الموحد ، المتوسطة والكبيرة القدرة ، حيث تحتوى اعضاء الانتاج فى هذه الممكنات على مجار مفتوحة . ويمكن ان تكون قطاعات ملف عضو الانتاج للمكنة ذات الموحد ، والمصنوعة من السلك المستطيل المقطع ، ذات لفة واحدة او متعددة اللفات . وغالبا ما تقسم القطاعات الاحادية اللفة والمصنوعة من سلك مقطعه كبير ، الى نصفين يوصلان بعد وضعهما فى المجارى ، من جانب واحد مع صفائح الموحد ، ويوصلان من الجانب الثانى فيما بينهما بواسطة اطواق . وتلف القطاعات المتعددة اللفات والمصنوعة من سلك جسىء مستطيل المقطع ، وتثنى على الشابلونة . وتكون ملفات اعضاء الانتاج فى الممكنات الحديثة ذات طبقتين ، لذا يقع احد جانبي القطاع فى الطبقة العلوية للمجرى ، اما الجانب الآخر فيقع فى الطبقة السفلية . وينفذ الانتقال من طبقة الى اخرى أى الثنى الموافق للأسلاك ، فى رؤوس القطاعات ، التى تكون بسيطة أو متصالبة (الشكل ١٥٥).

تصنع عادة وشيعة الملف المتألفة من عدة قطاعات على الشابلونة فورا ، ومن ثم تعزل الوشيعة وتوضع فى شكلها الجاهز ضمن المجارى . وتوضع عادة ، الاسلاك المستطيلة فى مجارى اعضاء الانتاج للممكنات العاملة بالتيار المستمر ، بحيث يكون جانبها العريض ينطبق مع ارتفاع المجرى . غالبا ما تثبت الملفات المصنوعة من الاسلاك المستطيلة ، والموضوعة فى المجارى المفتوحة لاعضاء الانتاج ، بواسطة الاسافين ، ويثبت احيانا قسم الملف الموجود فى المجارى بمساعدة الاربطة اما الاقسام الجبهية للملفات فتثبت بالاربطة أيضا .



الشكل ١٥٥ - وشائع ملف عضو الانتاج من السلك المستطيل المقطع :
 أ- للمف الموجى ذى الرأس البسيط ، ب- للمف العقدى ذى الرأس البسيط ، ج- للملف
 الموجى ذى الرأس المتصالب ، د- للملف العقدى ذى الرأس المتصالب

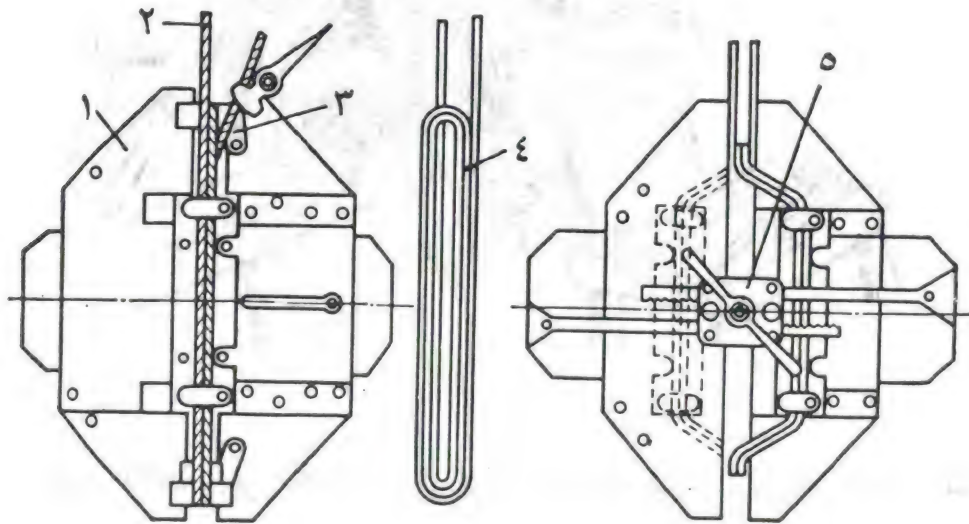
وفى البند ٥٠ ترد بعض الخصائص التصميمية للملفات ، التى تصنع
 من الاسلاك المستطيلة .

والاعطال الاساسية التى تطرأ على ملفات اعضاء الانتاج فى الممكنات
 ذات الموحد ، هى تضرر العوازل الكائنة بين اللفات والقطاعات ، واماكن
 لحام المونة ، وخرق العازل مع الهيكل او الرباط . وعند تحضير عضو الانتاج
 للاصلاح مع تبديل الملف ، ينظف من الاوساخ وتنزع عنه الاربطة القديمة ،
 وبعد فك لحام مأخذ القطاعات عن صفائح التوحيد ، ينزع الملف القديم
 بعد ان تسجل جميع المعطيات اللازمة للاصلاح .

وغالبا ما يصعب نزع الملفات من المجارى فى اعضاء الانتاج الحاوية
 على ملفات تنزير مشربة ، أو الحاوية على ملفات معزولة بالميكانيك .
 واذا لم يتسن نزع القطاعات فيسخن عضو الانتاج فى الفرن او خزانة التجفيف

حتى درجة ٨٠-١٠٠م مع الحفاظ على هذه الدرجة لمدة ٤٠-٦٠ دقيقة ، وبعد ذلك تنزع القطاعات من المجارى . ولكي تنزع القطاعات الجسيئة من المجارى المفتوحة والنصف مفتوحة يستخدم اسفين رفيع مجلوح ، يدق بين القطاعين العلوى والسفلى لرفع القطاعات العلوية ، اما لرفع القطاعات السفلية فيدق هذا الاسفين بين القطاعات السفلية وقعر المجرى . وتنظف بعد ذلك ، المجارى التى نزعت منها ملفات عضو الانتاج ، من بقايا العازل القديم وتعالج بالمبارد أو القوالب الفولاذية ، ومن ثم تطفى بالك.

كما ذكر اعلاه ، تستخدم الملفات اليدوية وملفات التنزيل فى اعضاء الانتاج للمكنات الصغيرة القدرة وذات الموحد ، اما فى المكنات العاملة بالتيار المستمر وذات الابعاد المتوسطة ، والعاملة بفلطية تصل حتى ٥٠٠ فولط فتستخدم بشكل واسع الملفات الشابلونية لاعضاء الانتاج ، وهى تصنع من اسلاك مقطوعها مستطيل الشكل . وتستخدم لهذه الملفات ، اسلاك اللف المعزولة ، وكذلك القضبان النحاسية المعزولة بالنسيج المشرب باللك وبالنسيج الزجاجى المشرب باللك ، وبشريط الميكا او بشريط الميكا الزجاجى . وتلف قطاعات الملف الشابلونى على شابلونات شاملة الاغراض (الشكل ١٥٦) تسمح باجراء اللف ومن ثم شد القطاعات غير الكبيرة ، دون نزعها عن الشابلونة . ويتم شد القطاعات لاعضاء الانتاج فى المكنات الضخمة على

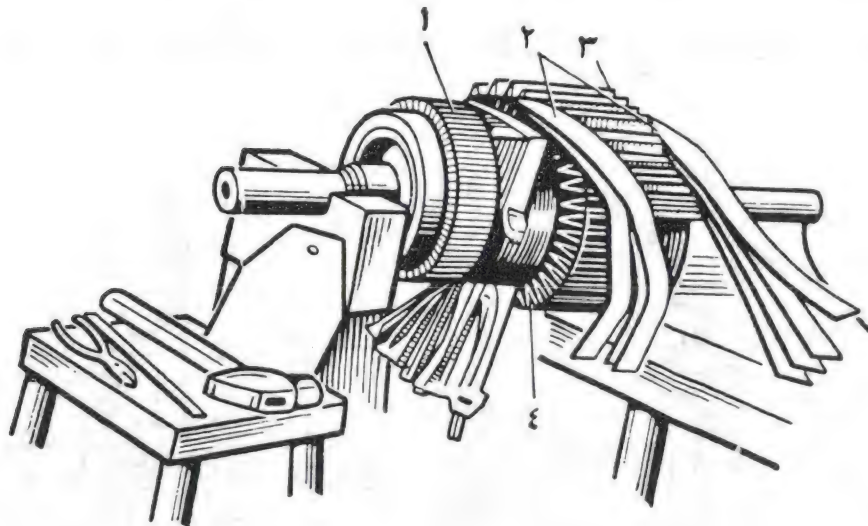


الشكل ١٥٦ - شابلونة عمومية لشد القطاعات فى ملفات اعضاء الانتاج :
١ - الجوانب ، ٢ - سلك القطاع ، ٣ - قوس ، ٤ - قطاع ، ٥ - نبيطة الشد

مكنات خاصة مزودة بجهاز تحريك ميكانيكى . ولا توجد مثل هذه المكنات عادة فى مؤسسات الاصلاح التى تطلب عادة قطاعات (وشائع) الملفات لاعضاء الانتاج فى المكنات الكبيرة ذات الموحد ، من المصانع التى صنعت تلك المكنات ، بينما تقوم مؤسسات الاصلاح بتبديل الاقسام المعطوبة للملف بوشائع جديدة فقط .

ويثبت قطاع الملف الشابلونى قبل شده عن طريق لفه مؤقتا بشريط من الكبير بطبقة واحدة ، مما يضمن صحة تشكيل القطاع اثناء الشد . وبعد تشكيل القطاع يعزل يدويا او على مكنات عزل خاصة (انظر الشكل ١٥) ، بحيث يستخدم غالبا شريط العزل القطنى . ويشرب القطاع المعزول باللك ويجفف ، وبعد ذلك يوضع فى مجارى قلب عضو الانتاج ، ويثبت فيها باسافين خشبية .

يبين الشكل ١٥٧ عضو الانتاج فى مكنة ذات موحد ، بعد أن تم تحضيره لادخال قطاعات الملف الى مجاريه . وعند وضع القطاع الشابلونى داخل المجرى يجب مراعاة استقرارها فيه بشكل صحيح ، ويجب ان يكون طول نهايات مآخذ القطاعات المتجهة نحو الموحد ، مساويا للمسافة



الشكل ١٥٧ - عضو الانتاج فى مكنة تعمل بالتيار المستمر قبل تنزيل قطاعات الملف الشابلونى فيه :

١ - موحد ، ٢ - عازل بين القطاعات من شرائح الكرتون الكهربائى ، ٣ - قلب ، ٤ - عازل بين المجارى (علبة)

الكائنة بين طرف فولاذ القلب وبين انتقال القسم المستقيم (الموجود في المجارى) الى القسم الجبهى .

وبعد تنزيل جميع القطاعات ، تفحص عادة بلمبة اختبار صحة اخراج الاسلاك من المجارى ، ومن ثم توصل الاسلاك مع صفائح التوحيد بواسطة لحام المونة مع استخدام مونة من الرصاص والقصدير . تعتبر عملية وصل أطراف القطاعات لملف عضو الانتاج بواسطة لحام المونة ، احدى أهم العمليات ، لان اللحام السئ يستدعى ازدياد ظهور الشرر على الموحد ، وزيادة المقاومة وفرب الاحماء فى قسم الوصل ، مما قد يؤدى الى تعطل المكنة .

ولانجاز عملية لحام المونة يوضع عضو الانتاج مع الموحد على قاعدة فى الوضع المائل ، حتى تستثنى امكانية سيلان المونة عند اللحام الى ما بين صفائح الموحد ، وكذلك يحمى ملف عضو الانتاج بعدة طبقات من نسيج الاسبستوس . وبعد ذلك يتم ادخال الاطراف المنظفة لأسلاك الملف ضمن شقوق رؤوس صفائح الموحد ، وترش بمسحوق القلفونية ، ويسخن الموحد حتى ١٨٠ - ٢٠٠°م ، وبعد صهر سيخ المونة بالكاوى تلحم اسلاك الملف مع صفائح الموحد .

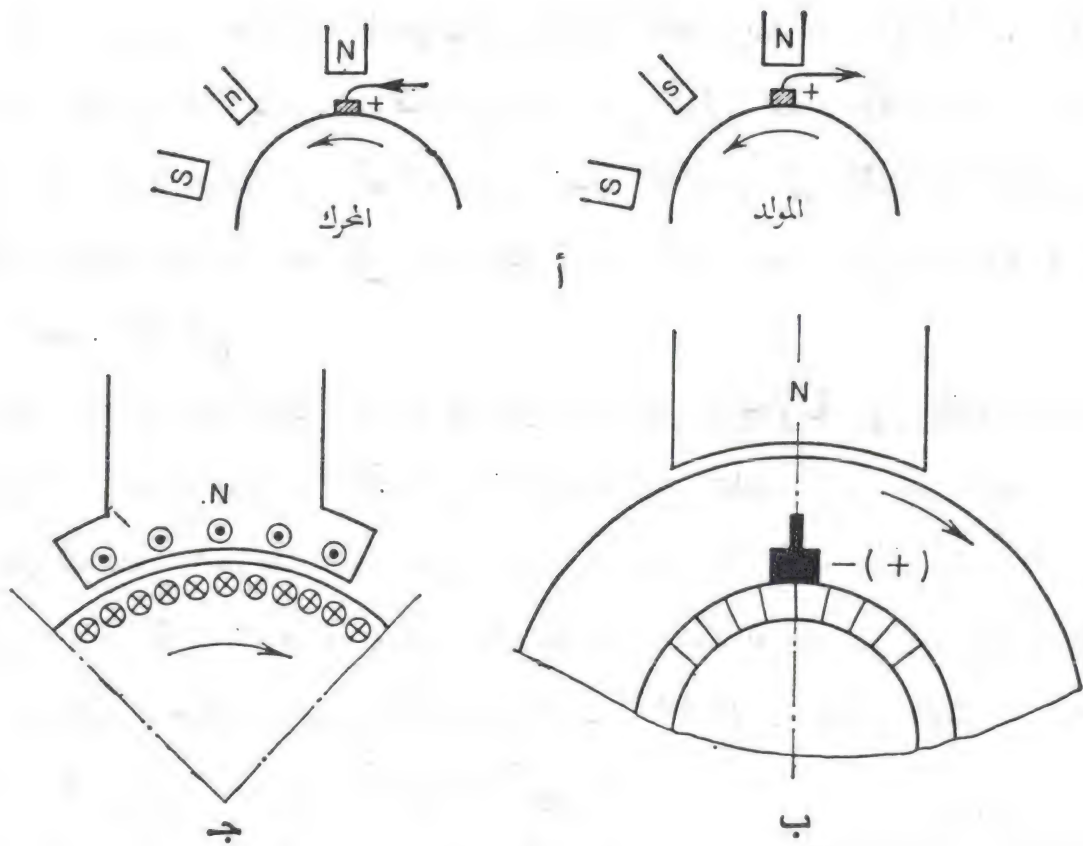
وتفحص نوعية اللحام بالكشف الخارجى لمكان اللحام ، وبقياس المقاومة الانتقالية بين الازواج المتجاورة لصفائح الموحد ، عن طريق تمرير تيار عامل اعتيادى فى ملف عضو الانتاج . ويجب عدم وجود نقط متجمدة من المونة على سطح صفائح الموحد وبينها ، كما ان المقاومة الانتقالية بين جميع الازواج المتجاورة لصفائح الموحد يجب ان تكون متشابهة بينما يدل الازدياد المفاجئ للمقاومة الانتقالية فى زوج ما من الصفائح على سوء اللحام فى هذه المنطقة ، وعند تمرير التيار انعامل الاعتياى عبر ملف عضو الانتاج لمدة ٢٠ - ٣٠ دقيقة، يجب ألا تتسخن اماكن اللحام الى درجة مفرطة .

تصنع عادة ملفات التحريض فى المكنات المتزامنة وذات الموحد ، وكذلك ملفات الاقطاب الاضافية فى المكنات العاملة بالتيار المستمر ، على هيئة وشائع قطبية . وتوضع الوشائع القطبية كقاعدة ، فى المكنات ذات الموحد ، على العضو الساكن وتكون غير متحركة ، اما فى المكنات المتزامنة فهى توضع عادة على العضو الدوار وتدور معه .

يجب تشغيل الوشائع القطبية لملفات التحريض بحيث تكون قطبية الاقطاب متناوبة ، ويتم التوصل الى ذلك اما على حساب الاتجاه المختلف للـ وشائع الاقطاب المتجاورة ، او على حساب الاتجاه المختلف للتيارات المارة فيها . وفى الواقع العملى تلف جميع الوشائع القطبية للمكنة عادة فى نفس الاتجاه ، لانه ليس من المستحسن فى المصنع تغيير اتجاه دوران مكنات اللف ، لذا يتم تناوب القطبية على حساب الاتجاه المختلف للتيار فى الوشيعتين المتجاورتين . ولهذا الغرض ، عند الوصل المتسلسل للوشائع القطبية فيما بينها ، توصل نهاية وشيعة ما مع نهاية الوشيعة المجاورة ، اما بدايتها فتوصل مع بداية الوشيعة اللاحقة وهكذا . ويرمز لبدايات الوشائع القطبية ونهاياتها بالحرفين $(Q)K$ و $(N)H$ المكتوبين بدهان أحمر . وبالإضافة الى ذلك ، تبين على الوشيعة الجهة التى يجب أن تستقر على هيكل المكنة ، وذلك لانه اذا قلبنا الوشيعة فان قطبيتها تتغير .

وتحتوى المكنات العاملة بالتيار المستمر والتى تزيد قدرتها على كيلواط واحد على اقطاب اضافية ايضا ، بالإضافة الى اقطابها الأساسية ويكون هنا تناوب القطبية للاقطاب الأساسية والإضافية كما يلى : لدى المحركات يأتى القطب الإضافى خلف القطب الأساسى من نفس القطبية اذا تابعنا الحركة باتجاه دوران عضو الانتاج ، اما لدى المولدات فيأتى القطب الإضافى من القطبية العكسية (الشكل ١٥٨ ، أ) .

ويمكن تحديد قطبية الفراشى فى المكنات العاملة بالتيار المستمر حسب الطريقة التالى شرحها . يجب ان نتذكر انه لدى المحركات والمولدات



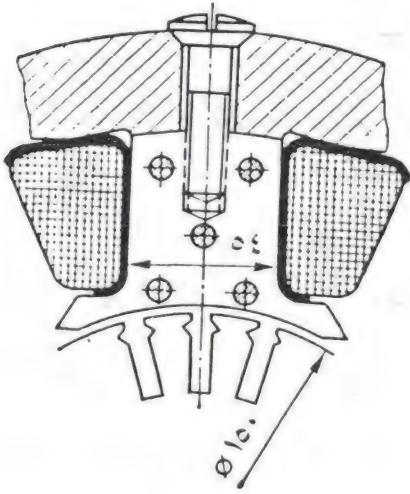
الشكل ١٥٨ - تحديد تتابع الاقطاب الرئيسية والاضافية (أ) وقطبية الفرشي (ب) ، واتجاهات التيار في ملف التعويض (ج)

تقع الفرشاة «السالبة» مقابل القطب الشمالى الاساسى ، كما هو مبين على الشكل ١٥٨ ، ب (اذا نظرنا من جهة الموحد) . وستكون قطبية الفرشى على هذا النحو فى حال استخدام الملفات غير المتصالبة وهى تستخدم على نطاق أوسع فى اعضاء الانتاج (اى الملف العقدى اليمينى او الملف الموجى اليسارى) . واذا كان ملف عضو الانتاج «متصالبا» ، فان قطبية الفرشاة تتغير على العكس ، كما وتتغير قطبية الفرشاة فى الاتجاه الآخر لدوران عضو الانتاج أيضا.

ففى المكنات الضخمة والمتوسطة العاملة بالتيار المستمر تستخدم غالبا ملفات التعويض الموضوعة فى مجارى القواعد القطبية ، وذلك لتحسين ظروف التبديل . وان ملف التعويض الذى يوصل على التسلسل مع ملف عضو الانتاج ، يعوض عن المجال المغناطيسى لرد فعل عضو الانتاج ، لذا فان اتجاه التيار فيه يجب ان يكون معاكسا للتيار المار فى موصلات ملف عضو الانتاج الواقعة تحت القاعدة القطبية المعنية (الشكل ١٥٨ ، ج) .

عند توصيل ملفات التحريض المتسلسلة وملفات الاقطاب الاضافية وكذلك ملفات التعويض ، عند توصيلها في دائرة عضو الانتاج ، يجب ان نتذكر ان التيار يمر في المولد من عضو الانتاج الى الشبكة الخارجية عبر الفرشاة «الموجبة» ، اما في المحرك فان التيار يمر من الشبكة الخارجية الى عضو الانتاج .

وفي معظم المكنات العاملة بالتيار المستمر والحاوية على ملفات التحريض المتوازية ، تصنع وشائع الاقطاب الرئيسية من عدد كبير من اللفات للسلك الدائري المقطع المزود بعازل من المينا او من الالياف والمينا . وتصنع هذه الشوائع على شياقات خاصة ، وتلف بشريط من التفنا او الكيبر وتشرب وتجفف ، ومن ثم تلبس مباشرة على القطب (الشكل ١٥٩) . ولعزل الوشيعة عن قلب



الشكل ١٥٩ - قطب مكنة غير كبيرة تعمل بالتيار المستمر ، ومزودة بوشیعة متوازية لملف التحريض

القطب والهيكل يستخدم الكرتون الكهربائي ، والرقائق المغطاة بالميكافا ، والزجاج والميكانيت (تبعاً لدرجة الصمود للاحماء) ؛ وتعادل عادة سماكة العازل من ٠,٥ الى ١,٥ مم . وفي المكنات الكبيرة والمتوسطة القدرة ، الحاوية على ملفات تحريض موصولة بالتوازي ، تلف الشوائع أحيانا على هيكل خاص ، تلبس الوشيعة معه على القطب . وفي بعض المكنات الصغيرة يصنع الهيكل من المواد العازلة ويلف عليه سلك ذو مقطع دائري . وفي المكنات الأكبر يصنع

الهيكل من الصفائح الفولاذية بسماكة ١ - ٢ مم . وقبل لف الوشيعة تعزل جدران الهيكل بعدة طبقات من الكرتون الكهربائي او الميكانيت ، وتوضع فلكات عازلة بين فلكات الهيكل المعدنية والملف . وبما انه يحدث غالبا خرق العازل في مكان اتصال الفلكات العازلة مع عازل جدران الهيكل ، فاننا نضع هنا شرائح مطوية بزاوية قائمة من النسيج المشرب باللك او توضع في الزوايا لفة من خيط القنب الملفوف .

غالبا ما تلف ملفات التحريض الموصولة على التوازي بسلك معزول مقطعه مستطيل الشكل .

وتصنع اطراف المآخذ للوشائع القطبية لملفات التحريض المتوازية بالطريقة التالية : بعد وضع اللفة الاولى ، تلحم مع بدايتها شريحة نحاسية قليلة السماكة ولكن مقطوعها العرضى أكبر من سلك الوشاعة . ويجب ان يضمن طول هذه الشريحة خروجها بعد لف جميع اللفات للوشاعة ، وتعزل الشريحة الخارجة بعناية بواسطة النسيج المشرب باللك او بشريط من التفتا . وبعد لف نصف الوشاعة تقريبا توضع فيها الشريحة النحاسية المعزولة الثانية ، وتكون مطوية بحيث يمكن ان تلحم مع طرفها نهاية آخر لفة للوشاعة ، وان يخرج طرفها الآخر للخارج ويصلح كمأخذ . وعند لف الصفوف الباقية من اللفات تجرى تغطية شريحة المآخذ النحاسية بهذه اللفات ، ويتم بذلك تثبيت مأخذ الوشاعة بشكل متين . وتلحم مع مأخذ الشرائح النحاسية للوشاعة ، مقامط توصل بها اسلاك التوصيل .

وتتعلق ابعاد الوشاعة وشكلها بعدد لفاتها ومقطع الاسلاك وعرضها ، وبوجود فسحة بين الاقطاب فى الممكنة . وتصنع الوشائع المتوازية عادة بحيث تتوسع بالتدريج نحو جهة نير الممكنة . وفى الممكنات الكبيرة الحاوية على ملفات مصنوعة من سلك مقطعه مستطيل الشكل ، تصنع الوشائع على شكل متدرج يزيد سطحها ويحسن تبريدها . ولنفس هذا الغرض يمكن ان تقسم الوشائع الى اقسام (قطاعات) .

وفى الممكنات ذات التحريض المختلط تتوضع الوشاعة المتسلسلة عادة بشكل منفصل فوق الوشاعة المتوازية ، لانه عند وضعهما واحدة ضمن الاخرى يصعب تبريد الوشاعة الداخلية .

وتلف الوشائع المتسلسلة عادة من اسلاك اللف المعزولة ذات المقطع المستطيل الشكل ، غير انه فى الممكنات الكبيرة ، عندما يكون المقطع العرضى للملف كبيرا ، تستخدم القضبان النحاسية العارية . وفى هذه الحالة توضع العوازل بين اللفات (الطبقات) من الكرتون الكهربائى مثلا . اما الوشائع المتسلسلة للاقطاب الاساسية التى تصنع من سلك مقطعه مستطيل الشكل ،

فهي تلف بحيث يتوضع القسم العريض للسلك على طول القطب . وإذا ازداد المقطع العرضي للسلك المستطيل المقطع يصعب تنفيذ عملية اللف بعدة طبقات ، لذا ففي المكنات الضخمة ذات التحريض المختلط تصنع الوشائع المتسلسلة بصف واحد ..

وفي المكنات المتوسطة وغير الكبيرة ذات التحريض المتسلسل ، التي تكون الوشائع المتسلسلة فيها هي الاساسية ، يضطر لتنفيذها بعدة صفوف ، وذلك بلف كل صف على عدة طبقات ، وتوضع الوشائع على هيكل حامل . وفي محركات الجر الضخمة تلف الوشائع المتسلسلة على ضلع ، مع وضع الملف بطبقة واحدة .

وفي المحركات غير الكبيرة ذات الموحد ، التي تعمل بالتيار المتناوب حيث لا تكون الاقطاب قابلة للترع ، وانما تكون مصنوعة بالكبس من الفولاذ الصفيحي كقطعة واحدة مع النير ، ففي هذه المحركات تصنع الوشائع المتسلسلة من الاسلاك المعزولة الدائرية ، وتلف بشريط التفتا او الكبير ، ومن ثم تشرب وتركب على القطب من خلال قاعدته . ان وشائع الاقطاب الاضافية في المكنات العاملة بالتيار المستمر متشابهة من حيث التصميم مع الوشائع المتسلسلة للاقطاب الرئيسية . وفي المكنات الضخمة تلف وشائع الاقطاب الاضافية من أسلاك مقطوعها مستطيل الشكل ، على الضلع .

وتلف على الضلع ايضا في معظم الحالات ، وشائع ملفات التحريض في المكنات المتزامنة الضخمة والمتوسطة ذات الاقطاب البارزة . وان هذه الوشائع تكون اصغر حجما واكثر تراصا ، وتنقل القوة النابذة هنا عبر سطح كبير ، مما يؤدي الى تخفيض خطر تضرر عازل اللفات ، وتكون الوشائع الملفوفة على الضلع وحيدة الطبقة مما يساهم في التبريد الجيد والمنتظم لجميع اللفات .

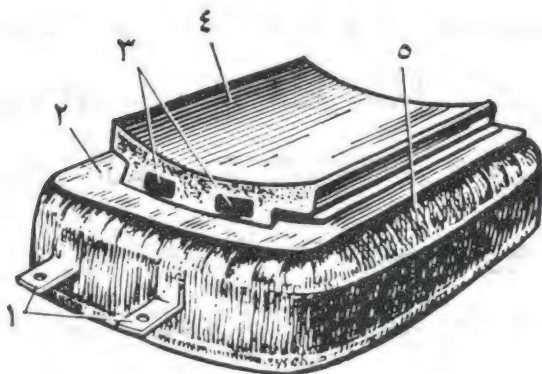
ومن المهم جدا بالنسبة لوشائع الاقطاب الدوارة في المكنات المتزامنة ، تأمين المتانة الميكانيكية للوشائع ذاتها وكذلك ربطها بالمكنة ، ولهذا الغرض تستخدم عادة أجزاء خاصة مثل المشدات والاطواق والمقامط والاسافين وغيرها .

وفي المكنات المتزامنة ذات الاقطاب الظاهرة وذات القدرة غير الكبيرة ،
تصنع وشائع التحريض في العديد من الحالات من سلك اللف الدائري
المعزول ، وتثبت بمساعدة اطواق خاصة واسافين في داخل المجارى الكائنة
بين الاقطاب .

وعند اصلاح المكنات تصنع الوشائع القطبية الجديدة عادة على مكنات
خاصة تبين احداها على الشكل ٨٦ .

وعند اصلاح المكنات العاملة بالتيار المستمر ، تلف وشائع الاقطاب
الاساسية على هياكل او شابلونات ، بعد الاسترشاد بمعطيات اللف المأخوذه
من المكنة الجارى اصلاحها . وتصنع الهياكل في المكنات غير الكبيرة ،
من الكرتون الكهربائي .

اما الشابلونات المخصصة لللف الوشائع القطبية فتصنع من الخشب
(للمكنات غير الكبيرة نسبيا) ، او من الفولاذ (للمكنات المتوسطة والكبيرة) .
وتلف وشائع الاقطاب الاساسية في المكنات العاملة بالتيار المستمر
وذات القدرة المتوسطة حسب الطريقة التالى شرحها . يعزل الهيكل او الشابلونة
يدويا وعلى كل ارتفاعه بعدة طبقات من الرقائق المغطاة بالميكا ، ومن ثم
تثبت عليه صفيحة المأخذ المعزولة بالنسيج المشرب باللك ، والملحومة
مع بداية سلك اللف . ثم يركب الهيكل (الشابلونة) على مكنة اللف ، وتلف
الوشية . ويجب عندئذ الانتباه الى ان السلك يلف بانتظام بدون فراغات
وتراكبات على اللفات . وقبل لف



الطبقة الاخيرة من السلك على الهيكل ،
توضع صفيحة المأخذ الثانية ،
التي سيلحم معها الطرف الآخر
للوشية بواسطة المونة . وتجفف
الوشية الملفوفة ثم تشرب باللك
وتجفف مجددا ، وتركب الوشية
الجهازه ٥ على القطب ٤ ، وتثبت
باسافين خشبية ٣ (الشكل ١٦٠) .

الشكل ١٦٠ - وشية قطبية تركيب على
القطب :

- ١ - صفائح المخارج ، ٢ - هيكل حامل ،
- ٣ - اسافين ، ٤ - قطب ، ٥ - وشية

وتصنع الوشائع القطبية بطريقة اخرى أيضا ، لا يلف فيها السلك على الهيكل او الشابلونة ، وانما يلف مباشرة على القطب المعزول . وعندئذ تتبع التسلسل التالى للعمليات : ينظف سطح القطب ويغطى باللك الراتنجى الالكيدى . وتقص شريحة من النسيج المشرب باللك بعرض ٨٠ مم وبطول يساوى لمحيط القطب ، ومن ثم يلصق النسيج المشرب باللك بحيث يستند على القلب بنصف عرضه . وبعد ذلك يعزل قلب القطب بلف طبقات الرقائق المغطاة بالميكال والاسبستوس المشرب باللك . وتكون كل طبقة من الرقائق المغطاة بالميكال بمكواة ساخنة وتمسح بخزقة جافة ونظيفة . وبعد وضع العازل بالسماكة المطلوبة ، يثنى الطرف المتدلى من النسيج المشرب باللك على القلب ، يلصق العازل على الطبقة المسطحة للرقائق المغطاة بالميكال . وتركب الفلكة العازلة السفلية على القطب المعزول ، وتلف الوشيعة ، ثم تركيب الفلكة العازلة العلوية . وبعد ذلك ، تثبت الوشيعة على القطب باسفنتها بالاسافين الخشبية .

وتلف وشائع الاقطاب الاضافية فى المكنات الصغيرة بالسلك المعزول ، اما فى المكنات المتوسطة والكبيرة فتلف الوشائع بسلك غير معزول مستطيل المقطع ، بوضع لفات الوشائع بالعرض الأكبر أو على حرف المقطع . ولا يتضرر النحاس عادة فى وشائع الاقطاب الاضافية ، وانما يتضرر العازل ، لذا يؤول اصلاح الوشيعة عمليا الى استعادة عازلها . وغالبا ما نستخدم كعازل بين اللفات ، ورق الاسبستوس بسماكة ٠,٣ مم والذي يقص حسب ابعاد اللفات على هيئة اطارات يتم ادخالها بين اللفات وبعد اللف . وتتألف العوازل الخارجية للوشيعة من طبقات توضع بالتتابع من شريط الاسبستوس او شريط الميكال ، تثبت بشريط من التفتا .

وعند تبديل العازل للوشيعة ، تنظف الوشيعة من العازل القديم وتركب على شياق خاص . ويتم تحضير التساميك من ورق الاسبستوس ، والكرتون الكهربائى او الميكانيك ، وتكون كمية التساميك مساوية لكمية اللفات ، ويتم ابعاد لفات الوشيعة على الشياق ، وادخال التساميك فيما بينها ، بعد ان تغطى مسبقا من الجانبين بطبقة رقيقة من اللك البيكاليتى او الراتنجى

الالكيدى ، ومن ثم تحزم الوشيعة بشريط قطنى وتكبس على شياق معدنى .
وينفذ تكبيس الوشيعة كما يلى : تتركب على الشياق فلكة عازلة طرفية ،
توضع الوشيعة عليها ، وتغطى بفلكة ثانية ثم تضغط الوشيعة . ثم توصل
الوشيعة مع محول اللحام ، وتسخن بالتيار حتى الدرجة ١٢٠°م ، وبعد
ذلك تضغط الوشيعة بشكل اضافى وتكبس نهائيا . وبعد ذلك تبرد الوشيعة
فى الوضع المضغوط على الشياق حتى ٢٥ - ٣٠°م ثم تنزع عن الشياق
وتغطى بلك يحتاج الى تجفيف فى الهواء ، ثم تبقى خلال ١٠ - ١٢ ساعة
بدرجة ٢٠ - ٢٥°م .

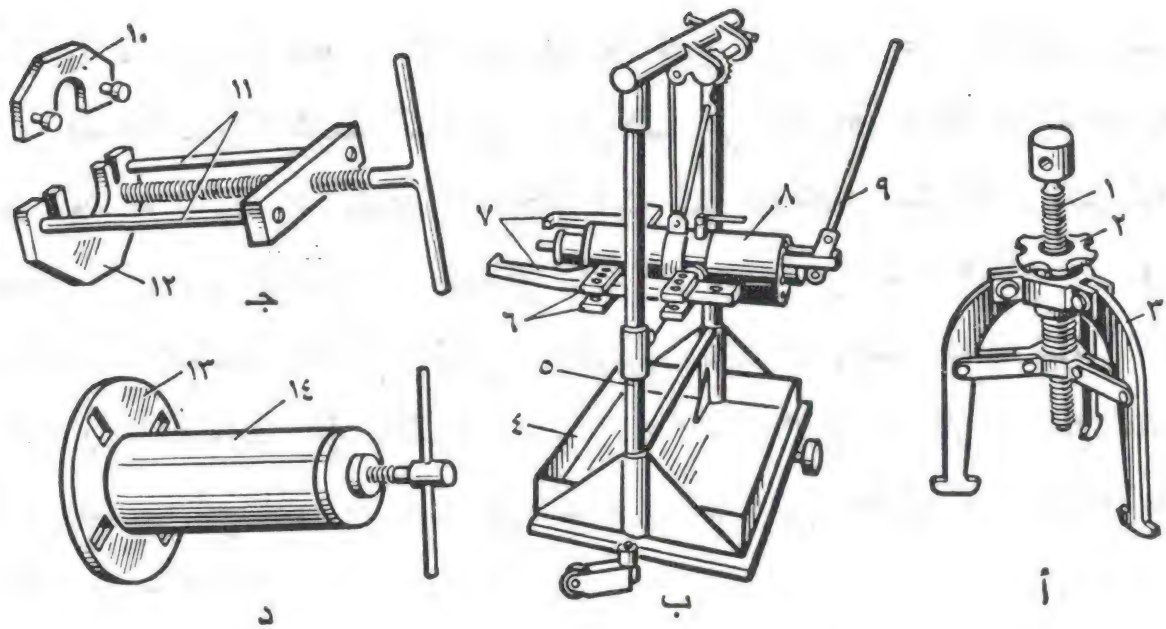
يعزل السطح الخارجى للوشيعة التى تم تكبيسها ، بشريط من الاسبستوس ،
ومن ثم بشريط الميكا ، ومن ثم بشريط من التفتا ، وتغطى باللك .
تركب الوشيعة الجاهزة على القطب الاضافى وتثبت عليه باسافين خشبية .

البند ٥٤ - أعمال الفك والتركيب للمكنات الكهربائية

ترد الى ورشة الاصلاح مكنات كهربائية من صنع بلدان مختلفة ،
تختلف فيما بينها بالغاية منها والقدرة والتنفيذ والتصميم . وتتحدد أعمال
الفك لكل مكنة كهربائية بتصميمها وبضرورة الحفاظ على الاجزاء السليمة
الموجودة ، بينما يتوقف حجم هذه الاعمال على أعمال الاصلاح القادم
وكميتها .

ولا بد قبل البدء باصلاح المكنة من التأكد من وجود جميع المواد
اللازمة للاصلاح ، وجميع القطع التبديلية اللازمة بالمواصفات والابعاد
الضرورية .

وفيما يلى يشرح تتابع الاعمال الاساسية لفك المحركات الكهربائية
اللامتزامنة ، وفك مكنات التيار المستمر ، والمكنات المتزامنة من الدفعات
الموحدة ، ومن أكثر التصميمات انتشارا . وتطبق عمليا طرق فكها على غالبية
المكنات الكهربائية التى تصنع فى الوقت الحاضر او التى صنعت فى السابق .
يبدأ فك غالبية المكنات الكهربائية من نزع نصفى القارئة عن العمود بمساعدة



الشكل ١٦١ - نوازع لسحب انصاف القارنات والمدارج عن اعمدة المكنات الكهربية :
 أ- نازع لولبي مزود بفتح الاذرع بشكل قابل للضبط ، ب- نازع هيدروليكي ، ج- نازع
 لسحب المدارج مع الامساك بالمدرجة ، د- لسحب المدارج مع الامساك بلوالب الغطاء او
 بمحفظه المدارج ؛ ١- لولب دودي برأس ، ٢- صامولة تعيير ، ٣- اذرع (مماسك) ،
 ٤- مساحة ، ٥- دعامة ، ٦- عوارض ، ٧- مماسك ، ٨- مضخة مكبسية ، ٩- قبضة
 ذراع المضخة ، ١٠- صفيحة بمسامير توصيل ، ١١- صلبان ، ١٢- بلاطة ، ١٣- قرص ،
 ١٤- جسم النازع

ادوات النزع اليدوية المزودة باذرع تضبط فتحاتها أو الادوات الهيدرولية .
 ان النازع المزود باذرع تضبط فتحاتها (الشكل ١٦١ ، أ) يسمح
 بنزع انصاف القارنات مختلفة الاقطار عن الاعمدة . ويتم فتح الاذرع
 وتثبيتها حسب أقطار انصاف القارنات المراد نزعها ، بواسطة صامولة عيارية
 ٢ ، مركبة على قلوطة اللولب ١ . وان نزع انصاف القارنات بواسطة النازع
 اليدوي ، يعتبر عملية صعبة بحيث تحتاج الى جهود عضلية كبيرة .
 ويتم التوصل الى مكنته عمليات فك انصاف القارنات عن طريق
 استخدام النازع الهيدرولي (الشكل ١٦١ ، ب) ، وهو عبارة عن فسحة ٤
 مركبة على عجالات ، ومزودة بدعامتين ٥ تتحرك عليهما شاقوليا المضخة
 الهيدرولية ٨ بالمكبس . ولكي ننزع نصف القارنة ، نركب على جسم
 المضخة العوارض ٦ ، ونثبت بينها المماسك ٧ . وتحدد المسافة بين المماسك
 بقطر انصاف القارنات الجاري نزعها .

ولتجنب سقوط نصف القارئة عن العمود ، انه يعلق بحبل على خطاف الرافع قبل البدء بعملية الفك . ويضبط ارتفاع المضخة بحيث ينطبق مركز المسند مع مركز العمود ، وبحيث تتعشق المماسك بشكل متين مع نصف القارئة بموجب الخط الافقى المار عبر مركز العمود . وبعد ذلك ، يتم تحريك القبضة ٩ للمضخة المكبسية ، لتوليد الضغط اللازم للزيت فى جسم المضخة . وتحت تأثير ضغط الزيت ، يتحرك المكبس الرئيسى والمكابس الجانبية للنازع ، وعندئذ يتأمن الامساك المتين بنصف القارئة بفضل المكابس الجانبية ، ويتم سحب نصف القارئة بسهولة عن عمود المكنة الكهربائية بجهد المكبس الرئيسى . ويسمح استخدام النازع الهيدرولى بالاسراع بفك انصاف القارئات بخمس الى ست مرات ، مما ينفذ ذلك بالنازع اليدوى اللولبى .

وبعد فك انصاف القارئات تنفذ العمليات اللاحقة حسب التسلسل المبين ادناه وحسب نوع كل مكنة .

وتفك المكنات الكهربائية اللامتزامنة من الدفعة الموحدة A_2 و AO_2 حسب التسلسل التالى :

— يفك الغطاء الخارجى (انظر الشكل ٢٧ ، أ) ، ومن ثم المروحة .
— تفك اللوالب التى تثبت أغشية المحامل ٤ الى الجسم ٧ ، وكذلك اللوالب التى تثبت الغطاء ٢ الى محمل الغطاء الخلفى .

— ينزع الغطاء الخلفى ٤ للمحمل ، ويفصل عن الجسم ٧ بطرق خفيفة للمطرقة على الغطاء من خلال قاعدة خشبية او قاعدة من الالومنيوم . وتوجد فى شفاة اغشية المحامل ثقب مقلوطة خاصة بلوالب الفك . فندخل فى هذه الثقوب ، اللوالب التى تثبت غطاء المحمل على الجسم ، بشكل بطئ ومنتظم ، حتى يفصل الغطاء عن الجسم .

— يتم سحب العضو الدوار من العضو الساكن ، باستخدام نبائط خاصة ابسطها عبارة عن انابيب تطويل تتركب على نهايات العمود ، بعد لفها مسبقا بطبقتين او ثلاث طبقات من الكرتون الكهربائى ، وذلك لوقاية السطوح المجلوخة للعمود من الاضرار الميكانيكية .

— يتزع الغطاء الامامى عن المدرجة (المحمل) المركبة على عمود

العضو الدوار ، بعد الفك المسبق للوالب التى تثبت اغطية المدارج .

وعند فك الممكنة اللامتزامنة الحاوية على عضو دوار طورى ، يتزع

أولا غطاء حلقات التماس ومن ثم الفراشى . ثم تتزع المدارج عن العمود

باستخدام نوازع خاصة مزودة بممسك يتعشق بالمدرجة (انظر الشكل

١٦١ ، ج) او بغطائها (انظر الشكل ١٦١ ، د) .

وتفك مكثات التيار المستمر من السلسلة Π (انظر الشكل ٤٣) بتنفيذ

العمليات الآتية :

— تتزع اغطية علب المآخذ والاطراف الجانبية لغطاء المدرجة الامامى .

— تفصل الاسلاك التى توصل حوامل الفراشى مع وشيعة القطب الاضافى .

— تفصل الاسلاك التى توصل حوامل الفراشى مع التماسات الموجودة

فى علبة المآخذ ، ومن ثم تتزع الفراشى من مقراتها فى حوامل الفراشى .

— يحمى الموحد من الاضرار الميكانيكية بلفه بلوح من الكرتون المثبت

على الموحد برباطين مصنوعين من الشريط القطنى او خيط الترابط .

— تفك اللوالب التى تثبت اغطية المدارج ٥ على الجسم ؛

— يتم ادخال لوالب التزع فى الثقوب المخصصة لها فى اغطية المدارج ،

حتى تخرج حروف الاغطية من مقراتها فى الجسم (عندئذ من الضرورى

سند عضو الانتاج من طرف العمود كى نتجنب سقوطه على القطب السفلى

للممكنة) .

— تزاح الاغطية عن المدارج ٦ .

— يتم سحب عضو الانتاج من الجسم نحو الطرف الحر للعمود ٧

ونزعه من الممكنة .

وفى حال ضرورة اصلاح الملف ٤ لعضو الانتاج ، تتزع المدرجة اولا

بواسطة النازع اللولبى ، ومن ثم يتزع الغطاء الداخلى للمدرجة ، وبعد ذلك

تتزع المروحة بواسطة النازع ، وهكذا يتم التوصل تماما الى ملف عضو

الانتاج .

وفى حال ضرورة تبديل المكثفات فى تجهيزة مكافحة التشويش للممكنة ،

يتزع غطاء علبة المآخذ ، وبعد فك لولب تثبيت لوحة المآخذ على غطاء المدرجة ، تنزع اللوحة من علبة المآخذ مع المكثفات المركبة عليها . ويتم فك الممكنات الكهربائية المتزامنة (انظر الشكل ٣٧) كما يلي :

— تفصل الاسلاك التي توصل المحرض مع جهاز الفراشي .

— تفك صامولة لولب الايقاف ، الذي يثبت غطاء المدرجة مع محفظة

المدرجة ١٥ ، ويحرر لولب الايقاف بمقدار ٣ - ٤ دورات .

— تفك اللولب التي تثبت غطاء المدرجة على الجسم ٩ .

— يتم اخراج الغطاء الخلفي ١٣ للمدرجة من مقره في الجسم بواسطة

لولب التحرير ، ويتزع من محفظة المدرجة .

— تفك اللولب التي تثبت غطاء المدرجة ٨ على الجسم ، ويتم اخراج

الغطاء من مقره في الجسم بواسطة لولب التحرير ، ومن ثم يتم انزال العضو

الدوار على العضو الساكن بعد وضع لوح من الكرتون تحت العضو الدوار .

— يزاح غطاء المدرجة ٨ مع الجسم ٥ للمحرض من محفظة المدرجة ٢٦

— يسحب العضو الدوار للمكنة المتزامنة مع عضو الانتاج للمحرض ،

من العضو الساكن للمكنة باتجاه المروحة .

واذا اضطررنا الى نزع المروحة لاصلاح المكنة ، فيتعين علينا تعليم

موضعها الزاوي بالنسبة للجلبة كي نعيدها الى مكانها عند التجميع ، وبذلك

لا يحصل اخلال بموازنة العضو الدوار ، ومن ثم تفك اللولب التي تثبت

كأس المروحة على الجلبة ، وتنزع المروحة . وعند الضرورة لنزع جلبة

المروحة أيضا ، يتم تعليم وضعها على العمود ومن ثم تسحب بعد فك لولب

الايقاف ، بواسطة نازع لولبي .

واذا احتاج الامر لتبديل المدرجة الامامية (من جهة المحرض) للمكنة

المتزامنة ، يتم نزع عضو الانتاج للمحرض مع الموحد عن العمود ، وذلك

بالامساك بالشقوق الموجودة في طرف الجلبة ، بعد الفك المسبق للعنق

الكائن على طرف العمود . وبعد ذلك تحرر البراغي المثبتة لغطاء المدرجة

والمحفظة ، وتنزع المحفظة مع الغطاء الخارجي للمدرجة . وبعد ذلك تنزع

حلقات التماس عن العمود ومن ثم تسحب المدرجة .

وعند فك العضو الدوار ذى الاقطاب الظاهرة فى المكنة المتزامنة تنزع اولا الوصلات بين وشائع الاقطاب ، وتفك براغى تثبيت الاقطاب على الجلبة ، ومن ثم تنزع الاقطاب مع الوشائع . وينصح قبل فك العضو الدوار بترقيم الاقطاب وتعليم اماكن تثبيتها على الجلبة ، كى لا يحصل اخلال بموازنة العضو الدوار .

غالبا ما يحتاج الامر عند اصلاح المكنات المتزامنة لفك واصلاح المنظومة القطبية للمحرض . ولكى تنزع اقطاب المحرض تفك البراغى التى تثبت الاقطاب على جسم المحرض ، ومن ثم تنزع الوشائع . واذا نزع العارضة مع حوامل الفراشى من الجسم ، فانه يجب مسبقا تعليم وضعها الزاوى فى الجسم ، وذلك لان انزياح العارضة عن الوضع الاولى يؤدى عند التجميع الى ظهور شرر كثير تحت الفراشى فى المحرض العامل .

ويجرى فك المكنة الكهربائية بحيث لا تتضرر الملفات السليمة والموحد وجهاز الفراشى والمروحة والاجزاء الاخرى . ويجب الحفاظ على جميع الاجزاء والوحدات السليمة لاستخدامها مرة ثانية .

وعندما ترد للاصلاح مكنة كهربائية ملفها معطوب ، يتم فك الملف بعد فك المكنة . فعند فك الملف تستخدم ، اضافة الى ما ذكر اعلاه ، نبائط ومكنات خاصة لنزع الملفات المعطوبة . واذا توفرت امكانية استعادة اسلاك الملف المعطوب لاستخدامها مرة ثانية ، يجب اخذ ذلك بعين الاعتبار عند الفك والاستفادة من ذلك .

كما ذكر اعلاه ، انه عندما يجرى فك المكنات من التصميم القديم ، يجب تسجيل المعطيات التى قد نحتاج اليها لاستعادة الملف أو لاستعادة الاجزاء الاخرى للمكنة . ومن هذه المعطيات نذكر أبعاد الاسلاك للملف فى المجرى وعددها ، ومخطط توصيل الملف ، وبروز الاقسام الجبهية للملف ، والفراغات الكائنة بين العضو الساكن والعضو الدوار (بين العضو الدوار والاقطاب) وغيرها وعندئذ ترسم الرسومات اليدوية اللازمة (الكروكى) ، وذلك لان المعلومات اللازمة لاصلاح مثل هذه المكنات قد لا تتوفر فى الالبومات النموذجية .

يتم فك المكنات الكهربائية باستخدام وسائل الرفع والنقل المتوفرة (روافع ، عربات كهربائية ، رافعات ، عربات ، تجهيزات كبلات الرفع وغيرها) ، ونبائط لسحب الاجزاء وفك الملفات واخراج الاعضاء الدوارة (اعضاء الانتاج) من جسم المكنة ، وادوات مكهربة ، واجهزة لحام وقص بالغاز ، واحواض لغسيل القطع ، واطقم مفاتيح شق ومبارد وغيرها من الادوات . ويتم تجميع المكنة الكهربائية بعد اصلاحها ، كقاعدة عامة ، حسب التسلسل المعاكس لعملية الفك . وينصح قبل بدء التجميع مباشرة ، بالتأكد مرة ثانية بعناية من صحة توصيل الاسلاك حسب مخطط الملف ، ومن جودة اللحامات وسلامتها ، ومن عدم وجود انقطاعات في الملف ، وعدم وجود قصر دائرة في الملفات . وينفذ مثل هذا الفحص بمساعدة اجهزة قياس خاصة .

قبل تجميع المكنة يجب التأكد من ان جميع أقسامها نظيفة ومغسولة ، وقد تم اصلاحها وتجريبها . وينفذ التجميع بحذر ، مع لفت الانتباه الى عدم الحاق الاذى بالاجزاء الحساسة للتأثيرات الميكانيكية ، مثل الملفات والموحد وحوامل الفراشي وحلقات تزييت المدارج الانزلاقية وغيرها . وتستخدم عند التجميع ، اضافة الى الادوات الاعتيادية ، ادوات ونبائط خاصة تسهل تنفيذ بعض عمليات التجميع وتزيد من انتاجية عمل القائمين بالاصلاح ومنها مفاتيح كشتبان مزودة بقبضات ، وأدوات مكهربة وأدوات عاملة بالهواء المضغوط .

يجرى التجميع حسب التسلسل الذى يجعل كل قطعة مركبة تعمل على تقريب المكنة من الحالة الجاهزة ، وفي نفس الوقت لا تستدعى ضرورة اعادة العمليات . ويتم فحص المكنة الكهربائية بعد تجميعها ، والتأكد من متانة تثبيت جميع الاجزاء والوحدات المجمعة ، وعدم وجود تماسك بين الاجزاء المتحركة والثابتة ، وعدم وجود الاعوجاجات فيما بينها ، وسهولة دوران العضو الدوار ، وامكانية تحرك محورى صغير فى المكنات الحاوية على مدارج انزلاقية .

والعضو الدوار الذى يستقر فى الوضع المركزى بفضل المجال المغناطيسى

للعضو الساكن ، يجب ان يتمتع بإمكانية التحرك فى الاتجاه المحورى ، لكى لا يلحق عمود العضو الدوار الاذى بحواف المدارج عند اى انحراف ضئيل ، ولا يؤدى الى خلق اجهادات اضافية او احتكاك الاجزاء المتلامسة فى المحرك . ويتحدد مقدار هذا التحرك المحورى تبعا لقدرة المحرك ويجب ان تعادل ٢,٥ - ٤ مم عندما تكون القدرة من ١٠ - ٤٠ كيلوواط ، وان تعادل ٤,٥ - ٦ مم عندما تكون القدرة من ٥٠ - ١٠٠ كيلوواط .

وعند تجميع المكنة يؤخذ بعين الاعتبار ان عمود العضو الدوار اثناء عمله يتمدد نتيجة تسخينه بمقدار $\Delta l, mm$ يتحدد بالعلاقة : $\Delta l = l \Delta t \alpha$ حيث l - طول العمود بين المحملين ، مم ؛ Δt - ارتفاع درجة الحرارة عند عمل المكنة ، م° ، α - معامل التمدد الطولى .

ويركب المحملان التدحرجيان بحيث يستطيع احدهما ان يتحرك ضمن الغطاء بمقدار ٠,٥ - ١,٥ مم فى الاتجاه المحورى ، الا قد يحصل تماسك فى المحملين بسبب تمدد العمود الناجم عن تسخينه فسوف يعيق المحملان دوران العضو الدوار للمكنة .

وعند التجميع تفحص المسافة بين الاقسام الجبهية للملف وبين الاقسام المعدنية للجسم ، وهى يجب ان لا تقل عن ١٠ مم فى المكنات التى تعادل فلطيتها المقدرة ٢٢٠ فولط ، وان لا تقل عن ١٥ مم فى المكنات التى تصل فلطيتها حتى ٥٠٠ فولط . وعند القيام بالكشف الخارجى تفحص جودة غشاء الدهان باللك على الملف ، فهو يجب ان يكون خاليا من تجمع الدهان والشقوق والفقاعات والروايش .

وتفحص قبل تجميع المكنة جودة العزل للاقسام الناقلة للتيار (حلقات التماس ، حوامل الفراشى وغيرها) ، ويجب ان لا تقل مقاومة عوازل الاقسام الناقلة للتيار فى المكنة ، والتى تقاس بمقياس ميغا اوم ، عن القيمة المحددة بالعلاقة : $R_i = U / (1000 + P / 100)$ حيث R_i - مقاومة العازل ، ميغا اوم ؛ U - الفلطية المقدرة للمكنة ، فولط ؛ P - قدرة المكنة ، كيلوواط .

تقاس الخلوصات الهوائية (ما بين الاقسام المعدنية) لدى المكنات الكهربائية التى تم اصلاحها وتجميعها ، وبعد ذلك يتم تشغيلها لتجريبها .

وتقاس هذه الخلوصات بواسطة طاقم من الصفائح الفولاذية التي تسمى بالمجسات ، تعادل سماكتها من ٠,٠١ حتى ٣ مم . وفي الممكنات اللامتزامنة يقاس الخلووص من الطرفين بين الفولاذ الفعال للعضو الدوار والعضو الساكن . ويمكن الحكم حسب مقدار الخلووص ، على صحة تجميع المكنة وصلاحتها للاستثمار . وتقاس الخلوصات باختيار المجس الذي يمر في الفراغ دون جهد . وبعد قياس الخلوصات في مكان ما ، يسحب المجس ويتم تدوير العضو الدوار أو عضو الانتاج بمقدار ٩٠° ، ثم يعاد القياس بعد تدوير العضو الدوار او عضو الانتاج ١٨٠° و ٢٧٠° و ٣٦٠° .

وتقاس الخلوصات عادة في ثلاث نقاط في مكنت التيار المتناوب ، وتقاس تحت كل قطب في مكنت التيار المستمر . ويجب ان يكون الخلووص واحدا على طول الدائرة بكاملها ، كما ويجب ان لا تختلف قيمة الخلووص في النقطتين المتقابلتين قطريا عن $\pm 10\%$ من القيمة المتوسطة . وفي الممكنات الحاوية على محامل انزلاقية يقاس أيضا الخلووص الكائن بين العمود وقشرة المحمل ، والذي يجب أن يوفق لقيمة الخلووص الواردة في مواصفات المكنة الكهربائية .

أسئلة للمراجعة

- ١- ما هي أعمال التحضير لاصلاح ملف المكنة الكهربائية ؟
- ٢- ما هي تكنولوجيا اصلاح ملفات التنزيل في الاعضاء الساكنة للمكنات العاملة بالتيار المتناوب ؟
- ٣- كيف تصلح ملفات الاعضاء الساكنة في المكنات الحاوية على وشائع جسيمة ، والعاملة بالتيار المتناوب ؟
- ٤- ما هي خصائص اصلاح الملفات في الاعضاء الدوارة الطورية للمحركات الكهربائية اللامتزامنة ؟
- ٥- عدد طرق لف الملفات في اعضاء الانتاج للمكنات الصغيرة ذات الموحد .
- ٦- ما هي تكنولوجيا اصلاح ملفات اعضاء الانتاج في المكنات ذات الموحد ؟
- ٧- كيف تصلح الوشائع القطبية في المكنات العاملة بالتيار المستمر والمكنات المتزامنة ؟
- ٨- تحدث عن تسلسل تجميع المكنات الكهربائية وفكها ، والنبائط والتجهيزات المستخدمة

لذلك

تثبيت الملفات وتشريبها وتجفيفها . انجاز أعضاء الانتاج

البند ٥٥ - تثبيت ملفات اعضاء الانتاج والاعضاء الدوارة للمكنات الكهربائية . اصلاح الارتبطة

عند دوران الاعضاء الدوارة واعضاء الانتاج فى المكنات الكهربائية تظهر القوى النابذة التى تسعى لرمى الملف خارج المجارى وثنى الاقسام الجبهية للمف . ومن الجدير بالذكر ان القوى النابذة التى تظهر عند الدوران تكون كبيرة ، كقاعدة عامة . فمثلا ، اذا كان قطر عضو الانتاج ٥٠٠ مم وعدد الدورات ٢٠٠٠ دورة/دقيقة ، فان كل ١ كغ من الكتلة الكائنة على محيط دائرة عضو الانتاج تعادله قوة نابذة تساوى ١ طن . ومن المعلوم ان القوى النابذة تتناسب مع قيمة الكتل الدوارة ونصف قطر الدوران ومع مربع عدد الدورات . ومن هنا ينتج انه من المهم والضرورى تثبيت الملفات فى المكنات السريعة بشكل متين ، وكذلك فى المكنات التى يكون فيها قطر العضو الدوار (عضو الانتاج) كبيرا بما فيه الكفاية .

كما ذكر اعلاه ، تمنع الاقسام الجبهية للملفات من فتح ثنياتها تحت تأثير القوة النابذة ، بواسطة ارتباط سلكية . اما اقسام الملف الواقعة فى المجرى فتثبت بالارتبطة والاسافين . وتتعلق طريقة تثبيت الملفات فى المجارى لحد كبير بشكل المجرى ذاته . ففي المجارى المغلقة والنصف مغلقة والنصف مفتوحة تثبت أقسام الملف الواقعة ضمن المجارى بواسطة اسافين تصنع من الخشب أو مختلف المواد الصلبة والعازلة كهربائيا مثل التكستوليت والمواد البلاستيكية وغيرها ، اما ملفات الاعضاء الدوارة ، الواقعة ضمن المجارى المفتوحة للقلب فتثبت بالاسافين او بالارتبطة .

ان الاسافين تشغل قسما كبيرا من حجم المجرى ، مما يقلل من امكانية وضع اسلاك الملف هنا ، ومن هذه الناحية يكون تثبيت قسم الملف

الموجود فى المجرى بالاربطة أفضل ، غير انه عند التثبيت بواسطة الاسافين يكون الضغط على عازل قسم الملف الموضوع فى المجرى اكثر انتظاما وليس كبيرا ، حيث تقوم الاسافين بحماية قسم الملف الموضوع فى المجرى من الاوساخ ، وينعدم فيها ضياع التيارات الدوامية أثناء دوران العضو الدوار فى المجال المغناطيسى .

ومن عيوب طريقة تثبيت قسم الملف الموضوع فى المجرى بواسطة الاربطة التى تصنع غالبا من السلك الفولاذى المبيض ، نذكر ما يلى :

ضياع اضافى للطاقة يزداد بسبب التيارات الدوامية الناشئة فى السلك ؛ تردى التبديل فى المكثات ذات الموحد بسبب وجود السلك الفولاذى فى القسم العلوى للمجارى (مما يشوه المجال المغناطيسى للمكثات) ؛ يصعب القيام بالاصلاح الجزئى للملف ، وذلك لانه يمكن تحرير مجرى واحد على الاقل فقط بعد نزع جميع الاربطة عن القلب . وان استخدام سلك غير فولاذى مغناطيسى او سلك برونزى يحسن الوضع جزئيا فقط (يزول النقص الثانى المذكور أعلاه) .

ان عيوب تثبيت قسم الملف الموضوع فى المجرى بواسطة الاربطة قد حددت أفضلية استخدام الاسافين هنا . فالاربطة تستخدم لتثبيت قسم الملف فى المجارى المفتوحة للقلب ، فقط فى المكثات ذات الاستطاعة غير الكبيرة والتى يصل قطر عضو الانتاج فيها حتى ٣٠٠ مم ، وتصنع المكثات الأكبر دوما باسافين فى المجارى . وتستخدم الاسافين كذلك لتثبيت ملفات الاعضاء الساكنة فى مجارى المكثات العاملة بالتيار المتناوب ، وبالرغم من انها لا تتعرض لتأثير القوى النابذة ، فانها يجب ان تثبت بمتانة فى المجارى وذلك لحمايتها من التحركات تحت تأثير القوى الكهرودينامية . يتم تربيط الاعضاء الدوارة بواسطة النبائط الخاصة المزودة بتجهيزة لتوليد الشد اللازم لسلك التربيط اثناء لف الربيط .

تحسب الاربطة على العدد الاقصى للدورات n_{max} الذى يمكن أن يولده العضو الدوار اثناء عمل المكثات الكهربائية . فمثلا ، للمحركات اللامتزامنة n_{max} تؤخذ ١,٢ من العدد المقدر للدورات n_{nom} ، اما بالنسبة

للمكنات ذات الموحد فتؤخذ n_{max} بمقدار ٢٠٪، أعلى من أكبر عدد دورات مبین على لوحة المكنة ، على ان لا یزید ١,٥ n_{nom} .
تحدد الارتبطة انطلاقاً من كتلة الملف ، بشكل منفصل للأقسام الجبهية ولقسم الملف في المجاری .

تحدد كتلة قسم الملف في المجاری بالكغ ، بموجب الصيغة :
 $G_w = 0,0116 ab S_w z l$ حيث a و b - ابعاد ضلعي القضيب المستطيل للملف ،
مم ؛ S_w - العدد الكلي للقضبان في المجرى ؛ z - عدد المجاری ؛ l - طول القلب ، مم .

بعدئذ يتم اختيار قطر سلك التبريط مع الاسترشاد بالمعطيات التالية :

قطر العضو					
الدوار ، مم	٢٠٠-١٠٠	٤٠٠-٢٠١	٦٠٠-٤٠١	١٠٠٠-٦٠١	أكثر من ١٠٠٠
قطر سلك					
التبريط ، مم	٠,٨	١	١,٢	١,٥	٢

يتحدد عدد لفات جميع الارتبطة الملفوفة على قلب العضو الدوار بموجب الصيغة :
 $w_{b.w} = 1,2 G_w (D - h_{ch}) (n_{max}/1000)^2 / (d^2 R)$ حيث D - قطب قلب العضو الدوار ، مم ؛ h_{ch} - عمق المجرى في قلب العضو الدوار ، مم ؛
 d - قطر سلك التبريط ، مم ؛ R - الجهد الميكانيكي المسموح به للشد ، وهو يؤخذ بالنسبة للسلك الفولاذي ٣٠٠٠ كغ . ق/سم^٢ .

وتحدد كتلة القسم الجبهي للملف (بالكغ) الموجود على أحد طرفي العضو الدوار ، بموجب الصيغة :
 $G_f = 0,012 D ab S_w z / p$ حيث p - عدد ازواج الاقطاب في العضو الدوار .

ويتحدد عدد لفات الارتبطة الملفوفة على الاقسام الجبهية للملف ، بموجب الصيغة :
 $w_{b.f} = 1,2 G_f (D - h_{ch}) (n_{max}/1000)^2 / (d^2 R)$ وفي حال عدم توفر سلك التبريط حسب القطر اللازم ، يستخدم سلك آخر قطره قريب من القطر المطلوب ، مع تغيير عدد لفات الرباط بشكل يتناسب مع مربع نسبة القطرين . فمثلا ، يمكن ان يستبدل الرباط المؤلف من ٣٠ لفة ملفوفة بسلك قطره ١,٢ مم ، بسلك قطره ١,٠ مم ، غير انه

سيكون عدد اللفات $30 \times \frac{2(1,2)}{(1,0)} = 30 \times \frac{1,44}{1} \approx 43$ لفة. وسيكون عرض

الرباط $43 = 1 \times 43$ مم وليس $36 = 1,2 \times 30$ مم .

وفي مصانع بناء المكنات الكهربائية والمنشآت الكبيرة لاصلاح المعدات الكهربائية ، تنفذ عملية تربيط ملفات الاعضاء الدوارة بواسطة مكنات لف مختلفة التصميم . وغالبا ما تستخدم المخارط القديمة لللف الاربطة ، بعد تزويدها ببنية خاصة لشد سلك التربيط أثناء لفه (انظر الشكل ٨٧) وفي الورشات الصغيرة تستخدم أحيانا طريقة «الربطة» مع الثقل المعير حيث انها لا تحتاج الى نبائط خاصة لشد سلك التربيط ، اما الجهد المبذول لتدوير العضو الدوار فهو ليس كبيرا .

وللقيام بلف الرباط يحضر سلك التربيط حسب القطر والطول اللازمين ، ثم يوضع العضو الدوار المطلوب تربيطه على قاعدتين ، ويثبت مؤقتا احد طرفي السلك في القسم الذي يجب ان تقع عنده اللفة الاخيرة للرباط ، ثم يدور العضو الدوار باتجاه عقارب الساعة ويلف عليه الرباط بكامله يدويا . ويرمى الطرف الآخر للسلك عبر بكرة معلق بها ثقل ، ويثبت هذا الطرف على العضو الدوار . وبعدئذ يتم تدوير العضو الدوار بعكس عقارب الساعة ، مع مراقبة الثقل . فالثقل اثناء دوران العضو الدوار يولد شد السلك ويتحرك على طول محور العضو الدوار من وضع حدى الى آخر (على عرض الرباط) ، وتتوضع لفات السلك بالشد اللازم .

وينصح بالقيم التالية لشد السلك الفولاذي عند التربيط :

قطر السلك، مم	٠,٨	١	١,٢	١,٥	٢
الشد، كغ. ق	٤٠-٣٠	٦٠-٥٠	٨٠-٦٥	١٢٠-١٠٠	٢٠٠-١٦٠

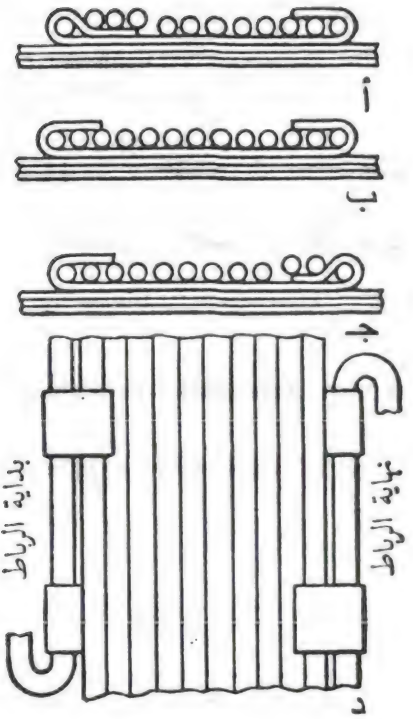
تطرق الاقسام الجبهية للملف قبل لف الاربطة ، وذلك بالمطرقة من خلال تسميكة خشبية ، كي تتوضع على الدائرة بشكل منتظم . وعند تربيط العضو الدوار يوضع عازل تحت الرباط من شرائح الكرتون الكهربائي او من الميكانيت مع الكرتون الكهربائي . ويجب ان تكون التسميكة العازلة

تحت الرباط اعرض وتبرز من تحته بمقدار ١ - ٥ مم (تبعاً لابعاد الممكنة) .
وتوضع لفات الرباط على الاقسام الجبهية بدءاً من قلب العضو الدوار نحو
طرف القسم الجبهى ، وذلك تجنباً لانتفاخها .

إذا كان قسم الملف الكائن فى المجارى يثبت بواسطة اربطة ، فانه
توجد عادة على العضو الدوار اقنية خاصة للاربطة (فى هذا المكان يكون
قطر صفائح رزمة القلب أقل) . ويجب ان لا تبرز الاربطة والاقفال التى
تثبتها عن السطح الخارجى للعضو الدوار . وفى تلك الحالات النادرة عندما
تتعدم الاقنية الخاصة على قلب العضو الدوار ، يجب الحفاظ بدقة على سماكة
الاربطة واماكنها كما كانت قبل الاصلاح . ويجب ان لا يزيد عرض
الرباط عن ٢٥ . ٣٠ مم تجنباً للضیاعات الزائدة بسبب التيارات الدوامية
فى مقطع الاربطة . وتثبت الاربطة باقواس من الصفیح الابيض ، توضع
بانظام على دائرة العضو الدوار على ان لا تزيد المسافة بين قوس وآخر ١٥٠ -
١٦٠ مم .

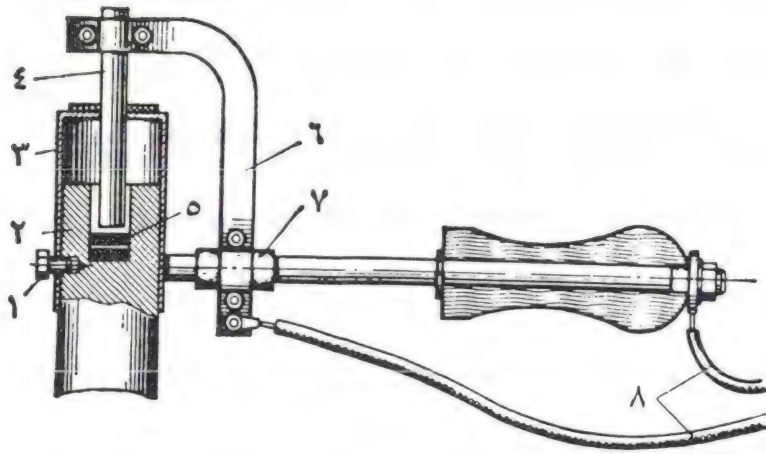
قبل لف الرباط على القسم الجبهى ، نشد اولاً على الملف اربطة
مؤقتة من ٣ - ٤ لفات توضع على قلب عضو الانتاج واطراف الموحد
(توضع شرائح من الكرتون الكهربائى تحت الاربطة المؤقتة) . وبعد شد
القسم الجبهى للملف بالاربطة المؤقتة واعطائها الابعاد والشكل المطلوب ،
تترزع الاربطة المؤقتة وتوضع الدائمة منها .

يوضع العازل المحضر وعدد شرائح الصفیح الابيض المطلوب بعرض
١٠ - ١٥ مم لاقواس التثبيت المرحلى ، تحت اللفة الاولى (الشكل ١٦٢ ، أ)
وذلك حسب المخطط (الشكل ١٦٢ ، ب) . ولتثبيت بداية الرباط ونهايته
توضع شريحتان على مسافة ١٠ - ٣٠ مم ، ويجب تراكب بداية الرباط
ونهايته كى لا يضعف الرباط بمعدل لفة واحدة . وبعد لف اللفة الاولى تثنى
عليها نهاية شريحة الصفیح الابيض وتلف عليها اللفات اللاحقة (الكل ١٦٢ ،
أ) . ويتم ادخال نهاية الرباط بعد لحامه وقصه عن الليفة ، الى ثقب قوس
التثبيت (الشكل ١٦٢ ، ج) . وتجنباً لفك اللف تثنى نهاية السلك وبدايته
كما هو مبين على الشكل ١٦٢ ، د .



الشكل ١٦٢ - تصنيع اطراف
الاربطة السلكية :

أ - بداية الرباط ، ب - ماسكة
بينية ، ج - نهاية الرباط ، د -
توضع ماسكة لبداية الرباط ونهايته



الشكل ١٦٣ - كاوى لحام بالقوس الكهربائى :

١ - برغى ايقاف ، ٢ - قضيب نحاسى ، ٣ - طوق
نحاسى ، ٤ - الكترود ، ٥ - صفيحة الفحم الكهربائى ،
٦ - ماسك الالكترود ، ٧ - عازل من الاسبستوس ،
٨ - سلك توصيل كاوى اللحام مع محول اللحام

تلف عادة الاربطة على قسم الملف الكائن فى المجارى ، بسلك
واحد بالانتقال من رباط الى آخر . وبعد تثبيت البدايات والنهايات للاربطة
تقص اللفات الانتقالية بالزردية .

تلحم الاربطة الملفوفة كاملا على كل سطحها بواسطة كاوى لحام
بالقوس الكهربائى (الشكل ١٦٣) مع قضيب نحاسى قطره ٣٠ - ٤٠ مم ،
وذلك لزيادة المتانة ولتجنب تحطم الاربطة بالقوى النابذة التى تولدها
كتلة الملف عند دوران العضو الدوار ، ويوصل كاوى اللحام مع محول
اللحام . وعند لحام الاربطة فى الممكنات الضخمة تستخدم الكاويات العاملة
بالقوس الكهربائى المزودة بقضبان تبديلية رؤوسها ذات شكل مقعر ، وذلك
لزيادة سطح اللحام ولتحسين ظروف التسخين واللحام .

وفى الممكنات الضخمة والسريعة تلف الاربطة على العضو الدوار بعدة
طبقات ، بحيث يخفض شد السلك فى كل طبقة لاحقة بمقدار ٨ - ١٠ ٪ ،

وذلك للتوزيع المنتظم للحمولة الميكانيكية بين الطبقات . وتلف كل طبقة وتلحم بشكل منفصل فى الرباط العديد الطبقات . وفى بعض انواع المكنات الحاوية على اربطة عديدة الطبقات ، تلحم الطبقة الاولى والاخيرة ، وكذلك جميع الطبقات المفردة او جميع الطبقات المزدوجة . ولتقليل الضياع الناجم عن التيارات الدوامية تعزل كل طبقة من الاربطة.

وفى المكنات الحديثة ذات القدرة الصغيرة والمتوسطة ، تستخدم عادة اربطة مصنوعة من شريط زجاجى غير منسوج ، اى خيوط زجاجية باتجاه واحد مشربة بلك ، بدلا من الاربطة السلكية .

تلف الاربطة على مكنات مزودة بتجهيزة لشد الشريط الزجاجى وبمقياس الشد ، وبتجهيزة فرملة تسمح بايقاف اللف مع الحفاظ على شد الشريط . قبل لف الشريط الزجاجى ، يثبت طرفه على عضو الانتاج بعد كبسه على وسط القسم الجبهى بمقدار ١,٥ - ٢ لفة مع الشد غير الكامل للشريط . ثم يزداد الشد حتى ٩٣٠ - ٩٨٠ نيوتن (حتى ٩٥ - ١٠٠ كغ . ق) ، ويدخل تحت الشريط المشد ود طرف شريحة من النسيج الزجاجى عرضها حوالى ١,٥ مرة اكبر من عرض الرباط ، وتلف مرة واحدة حول الاقسام الجبهية لعضو الانتاج . وتوضع لفات شريط التريبط على هذه الشريحة مع الشد الكامل وبترابك نصفى من اللفة الاولى باتجاه رؤوس الاقسام الجبهية . وعند حدود الرباط تلف عدة لفات من الشريط ، اللفة الواحدة فوق الاخرى ، فتتشكل عندئذ حافة تلف عليها شريحة النسيج الزجاجى الموضوعه تحت الرباط . وهكذا يظهر مسند يمنع لفات الشريط من الانزلاق باتجاه رؤوس الاقسام الجبهية . ويضغط الطرف المثنى للنسيج الزجاجى من قبل اللفات التالية ، ليشكل محفظة لللفات الطرفية للشريط . وتلف جميع اللفات الباقية على شكل صفوف نصف متراكبة ، بحيث تقع بين الحافة وطرف عضو الانتاج . ويجب ان تقع نهاية اللفة الاخيرة فى وسط عرض الرباط ، ولتثبيت هذه النهاية يوضع على الرباط سلك رفيع مطوى على شكل عقدة عموديا على الشريط وتلف عليه اللفات الثلاث الاخيرة من الشريط ، التى يتم لفها الواحدة فوق الاخرى مع تخفيف الشد تدريجيا

الى ما حوالى نصف الشد الاولى . وبعد ذلك يحرر الشريط كاملا ويقص . ثم يثبت طرف الشريط بامراره من خلال الربطة (العقدة) وتحت اللفات الاخيرة . وتلحم اللفة الاخيرة بكاو ساخن . ونتيجة للتسخين فان اللك الذى يتشرب به شريط الرباط يشوى ، ويمسك نهاية الرباط باحكام . ويلف الرباط على الاقسام الجبهية من جهة الموحد دون وضع المحفظة ، لان دور الحافة تقوم به رؤوس صفائح التوحيد .

وتشوى الاربطة من الشريط الزجاجى بعد لفها ، ويحافظ على عضو الانتاج فى فرن بدرجة ١٤٥ - ١٥٠ م° لمدة ١٢ ساعة . وخلال هذا الوقت تحصل بلمرة اللك الذى تم تشريب الشريط الزجاجى للرباط به ، ويتحول الرباط الى حلقة مضمنة تحافظ بشكل متين على الاقسام الجبهية للملف اثناء عمل المكنة .

ويمكن تحديد العدد اللازم لللفات الرباط من الشريط الزجاجى لСБ-В و ЛСБ-В حسب الصيغة التالية :

$$\omega_g = 0,9 \cdot 10^7 \frac{G(D - h_{ch})}{SR_g} \left(\frac{n_{max}}{1000} \right)^2$$

حيث S - مقطع شريط التريبط ، مم ٢ ؛ G - كتلة ذلك القسم من الملف (مع العازل) ، الذى يلف عليه الرباط ، كغ ؛ $R_g = 150 \cdot 10^6 \text{ Pa}$ - الجهد الميكانيكى المسموح به للشريط الزجاجى .

وفى العدد الحسابى لللفات لا تدخل اللفات التى توضع بدون الشد الكامل لتثبيت بداية الرباط وتسوية سطح الاقسام الجبهية .

وعند استبدال الرباط السلكى بشريط زجاجى ، يمكن ان يتحدد عدد اللفات بالصيغة $\omega_g = k_g \omega_{b.w}$ ، حيث k_g - معامل يؤخذ من الجدول ٢٢ ، $\omega_{b.w}$ - عدد لفات الرباط السلكى .

وتلف الاربطة من الشريط الزجاجى بسماكة ٠,٢ مم مع استخدام الشد التالى :

عرض الشريط ، مم	١٠	١٥	٢٠	٢٥
الشد ، نيوتن	٨٠٠-٧٥٠	١٠٠٠-٨٠٠	١٣٠٠-١٠٠٠	١٨٠٠-١٥٠٠

قيم المعامل k_g عندما تكون سماكة الشريط ٠,٢ مم

عرض الشريط، مم	قيم المعامل k_g ، عندما يكون قطر السلك، مم						
	٠,٥	٠,٦	٠,٨	١	١,٢	١,٥	١,٦
١٠	٠,٢	٠,٢٨	٠,٥	٠,٧٨	١,١٣	١,٧٧	٢,٠١
١٥	٠,١٣	٠,١٩	٠,٣٣	٠,٥٢	٠,٧٥	٠,١٨	١,٣٤
٢٠	٠,١٠	٠,١٤	٠,٢٥	٠,٣٩	٠,٥٦	٠,٨٨	١,٥٧
٢٥	٠,٠٨	٠,١١	٠,٢٠	٠,٣١	٠,٤٥	٠,٧١	١,٢٦

البند ٥٦ - تشريب الملفات وتجفيفها

غالباً ما تتعطل اثناء الاستثمار عوازل الملفات فى المكنات والاجهزه الكهربائيه ، بسبب انخفاض مقاومتها الكهربائيه (خواص العزل) تحت تأثير الترطب ، والتعرق الحرارى او التآكل الميكانيكى . وتتوقف متانة الملفات الى حد كبير على خصائص المواد العازلة المستخدمة اضافة الى جودة تشريبها باللك العازل كهربائيا ، حيث ان التشريب باللك يبطئ عمليات التعرق الحرارى وترطب المواد العازلة لانه بملئه للمسام يعيق دخول الرطوبة فيها . وان لك التشريب بسمنته لفات الملف يخفض التآكل الميكانيكى لعوازلها . ونتيجة للتشريب تزداد ايضا المتانة الكهربائيه لعازل الملف بسبب ملء المسام والانابيب الشعرية باللك الذى يمتاز بمتانة كهربائية اعلى بكثير من الهواء . وبما أن الموصلية الحرارية لللك التشريب الذى يملأ الفراغات والانابيب الشعرية فى الملفات ، اعلى بكثير من الموصلية الحرارية للهواء ، فان تصريف الحرارة للملف المشرب باللك أفضل بكثير عند الاستثمار من الملف غير المشرب ، مما يؤدى الى التخفيض من تسخن الملف ، كما ان تشريب الملفات ودهنها بالميكا المناسب يزيد من متانتها الكيميائية ومقاومتها للغبار وزيوت التشحيم وغيرها .

تتمتع بعض المواد العازلة المستخدمة في الملفات ، بخاصية امتصاص الرطوبة الموجودة في الوسط المحيط (الكربون الكهربائي والخيوط القطنية والاشربة القطنية وغيرها) ، ويقلل وجود الرطوبة في المواد العازلة من متانة العازل ومقاومته ، اضافة الى انها تعيق مادة التشريب من النفاذ المسامات والانابيب الشعرية في الاجزاء العازلة للملف . ولذا فقبل عملية التشريب مباشرة يجب القيام بتجفيف الملف . ويمكن عدم القيام بتجفيف الملف قبل تشريبه اذا كان الملف مصنوعا من مواد صامدة للرطوبة مثل الاسلاك المدهونة بالمينا او الاسلاك المزودة بعازل من الالياف الزجاجية ، أو اذا كان عازل المجارى مصنوعا من الأنسجة الزجاجية او غيرها من المواد العازلة كهربائيا وغير الشريهة للرطوبة ، وغيرها من المواد المشابهة من حيث خواصها العازلة .

يتعلق اختيار درجة الحرارة والمدة لتجفيف الملف قبل تشريبه ، بالمواد العازلة المستخدمة وصمودها للتسخين والاحماء ، والتي يجب أن تساهم في مقاومة العازل للتعتق والتشوه . فكلما كانت درجة صمود المواد المستخدمة في الملف للحرارة أعلى ، كلما كان بالامكان رفع درجة الحرارة عند التجفيف ، حيث أن درجة الحرارة الاعلى تسمح بالاسراع بعملية التجفيف . فمثلا ، عند زيادة درجة الحرارة للتجفيف المسبق من ١١٠ - ١٢٠ °م الى ١٣٠ - ١٤٠ °م ، يمكن انقاص مدة التجفيف من ٨ الى ٤ ساعات .

يجرى تجفيف الملف عادة قبل تشريبه في افران خاصة (حجرات) لمدة ٣ - ٦ ساعات بدرجة حرارة ١٠٥ - ١٣٠ °م ، وذلك للملفات التي استخدمت في صنعها مواد من الصنف A لدرجة الصمود للاحماء ؛ وبدرجة الحرارة ١٢٠ - ١٤٠ °م عند درجة الصمود للاحماء E ، وبالدرجة ١٢٠ - ١٥٠ °م عند الصنف B ، وبالدرجة ١٤٠ - ١٨٠ °م عند الصنف F ، بالدرجة ١٨٠ - ٢٢٠ °م عند الصنف H .

تشرب الملفات المجففة في احواض تشريب خاصة توضع في مبنى خاص مزود بتهوية شافطة وجارية ، ومجهز بكافة الوسائط اللازمة لاطفاء الحريق . وينفذ التشريب عادة بتغطيس الملفات المراد تشريبها او الاجزاء

مع الملفات ، فى حوض مملوء باللك ، ولذا فان ابعاد الحوض يجب ان تكون محسوبة على ابعاد الاجزاء الجارى تغطيسها .
ولرفع خواص تغلغل اللك وتحسين جودة التشريب تزود الاحواض باجهزة تسخين اللك .

غالبا ما تستخدم لتشريب الملفات انواع اللك الزيتى - الزفتى - والعضوى - السليكونى . ويجب ان تتمتع لكات التشريب بلزوجة قليلة وبمقدرة جيدة على التغلغل ، بحيث تضمن التغلغل العميق الى جميع المسام فى العازل الجارى تشريبه . ويجب ان يكون اللك خاليا من المواد التى قد تؤثر بشكل مضر على اسلاك الملف وعوازله ، ويجب ان يتمتع اللك بالصمود لمدة طويلة ضد تأثير درجة الحرارة العاملة ، دون ان يفقد خواصه العازلة اثناء ذلك .

وتشرب الملفات مرة واحدة ومرتان او أكثر ، تبعا لظروف الاستثمار (بشكل خاص تبعا للوسط المحيط) ، ولتصميم الملف ، وللمواد العازلة المستخدمة ، وخواص لك التشريب وطريقة التشريب .
قبل تشريب الملف بطريقة التغطيس فى اللك ، يجب تسخين الملف الى درجة الحرارة ٦٠ - ٧٠ °م . ويكون زمن التغطيس ٢٠ - ٣٠ دقيقة عند التغطيس الأول للملف المسخن سابقا ، وفى التغطيسات اللاحقة يجب انقاص زمن التغطيس حتى ١٠ - ١٥ دقيقة . وعند تغطيس ملفات المكثفات الكهربائية ، الموضوعه فى المجارى ، يجب وضع الملفات بحيث يخرج الهواء من اللك بشكل افضل ، اى يجب ان تكون المجارى فى الوضع الشاقولى او المائل .

ولا داع لتسخين الملف قبل تغطيسه فى اللك ، اذا كان تشريبه بلك يتم بدون مذيب ، الا أن زمن التشريب يزداد عندئذ مرتين ، وينصح باستخدام هذه اللكات عندما يحتاج الامر الى متانة ميكانيكية مرتفعة ، غير أنها لا تستخدم لتشريب عوازل الملفات المرتفعة الصمود للرطوبة ، لأنها تتميز بمقاومة صغيرة نسبيا للرطوبة .

ومن الضرورى عند تشريب الملفات التأكد من لزوجة اللك فى

الحوض مرات عديدة ، لان المواد الحالة تتبخر تدريجيا ويصبح اللك كثيفا ، وتنخفض عندئذ قدرته على التغلغل داخل عازل الملف . وللحفاظ على القدرة المطلوبة لتغلغل اللك يضاف المذيب دوريا الى حوض التشريب ، وتحدد كميته بالعلاقة : $P_{ad} = K_1 \frac{D_b}{D_s} \left(\frac{N_b}{N_{ad}} - 1 \right)$ حيث P_{ad} - الكمية المضافة من المذيب ، كغ ؛ K_1 - كمية اللك في حوض التشريب ، كغ ؛ D_b - كثافة اللك في الحوض غ/سم³ ؛ D_s - كثافة المذيب ، غ/سم³ ؛ N_b - نسبة المواد غير الطيارة في الحوض ، بالنسبة المئوية الكتلية ؛ N_{ad} - النسبة المرجوة للمواد غير المتطيارة بعد اضافة المذيب ، بالنسبة المئوية الكتلية .

كما ذكر اعلاه ، تضاف كمية معينة من المذيبات الى اللك من اجل التغلغل الأعماق للكات التشريب العادية الى المسام والاوعية الشعرية في عوازل الملفات . وتتبخر المذيبات اثناء التجفيف الجارى بعد التشريب ، اما اساس اللك فيبقى داخل العازل . وبما انه يتحرر بعد التجفيف قسم من التجاوييف التي كانت مشغولة سابقا بالمذيبات ، ويدخل الهواء الى مكان المذيبات المتبخرة ، فانه لا يمكن بهذه الطريقة التوصل الى املاء جميع التجاوييف والمسام الموجودة في عوازل الملف .

والطريقة الافضل لادخال مواد التشريب في عازل الملف هي تشريبه بمواد مركبة تحت الضغط وبعد التجفيف المسبق للملف بالتفريغ . وتميع عادة المواد المركبة المستخدمة لهذا الغرض بتسخينها حتى درجة حرارة معينة (تبعاً لتركيب هذه المواد) . وعندئذ يجفف الملف اولاً بالتفريغ ، حيث يتم التخلص التام من الرطوبة في العوازل ، ثم يغطس الملف في المركب المسخن ويرفع الضغط ، مما يساعد في التغلغل الاعماق لكتلة التشريب الى داخل العازل .

تجرى هذه العملية بكاملها في المحم الموصد (السخان) المزودة بتجهيزة للتسخين وشفط الهواء والابخرة المنطلقة عند التفريغ ، ولزيادة الضغط عند تشريب المنتج بالمركب . وبعد تشريب المنتج والمعالجة الحرارية

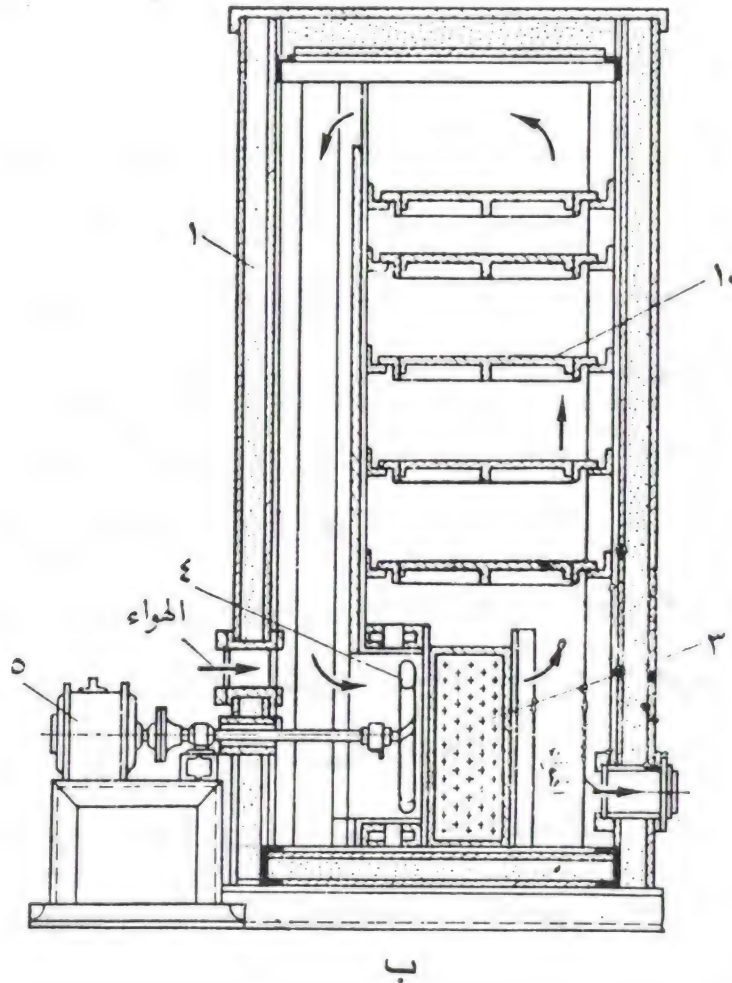
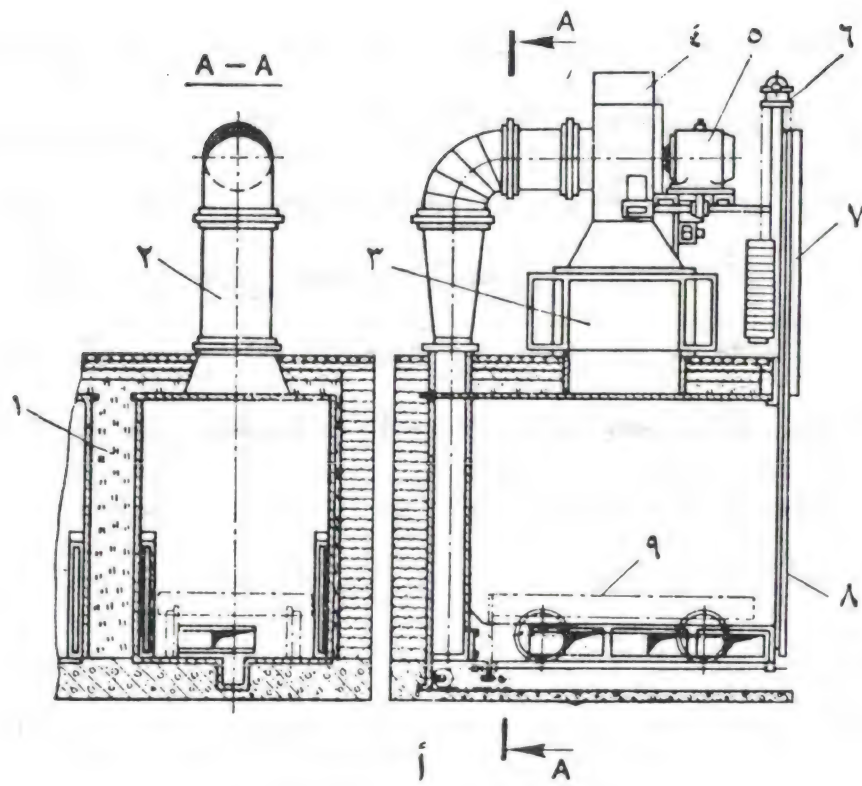
المناسبة يتكثف المركب (يتبلر) ، وعندما يبرد تتشكل كتلة واحدة متماسكة .
وتحتوى ورشات ومصانع كبيرة خاصة باصلاح الاجهزة الكهربائية عادة
على وحدات متخصصة لتشريب الملفات بالمركبات .
وتوجد كذلك طرق اخرى لتشريب عازل الملف باللكات والمركبات
العازلة ، ومنها طريقة التشريب بالسكب والتنقيط والخ . غير ان هذه الطرق
نادرا ما تستخدم فى التطبيق العملى عند اصلاح ملفات المكثفات الكهربائية
والمحولات .

وعند القيام بالاصلاحات السريعة وفى حالات الطوارئ ، تشرب الملفات
بلك رقم ١٥٢ يجف بسرعة ، وهو لك زيتى-راتنجى يجف فى الدوجة
٢٠° م خلال ٣-٤ ساعات ويشكل غشاء يتمتع بصمود جيد ضد الرطوبة
ومقدرة جيدة للعزل .

وبعد التشريب بلكات عادية وعازلة كهربائيا ، تجفف الملفات فى
حجرات خاصة (افران) مسخنة بالهواء (الشكل ١٦٤) . وتقسم حجرات
التجفيف حسب طريقة التسخين الى حجرات ذات تسخين كهربائى أو
غازى او بالبخار ، اما من حيث مبدأ دوران هواء التسخين فان الحجرات
تقسم الى حجرات ذات جريان طبيعى وحجرات ذات جريان قسرى
(اصطناعى) ، ومن حيث نظام العمل تقسم حجرات التجفيف الى حجرات
عاملة دوريا أو عاملة باستمرار .

وبهدف الاستفادة الافضل من حرارة الهواء المسخن ولتحسين نظام
التجفيف فى الحجرات ، تستخدم طريقة يعود فيها ٥٠-٦٠٪ من الهواء
الساخن مجددا الى حجرة التجفيف لاستخدامها مرة ثانية . ولتجفيف
الملفات ، تستخدم حجرات التجفيف بالتسخين الكهربائى فى غالبية
المصانع والورشات الخاصة باصلاح الكهربائى .

ان حجرة التجفيف بالتسخين الكهربائى عبارة عن هيكل ملحوم
من الفولاذ ، يوضع على أرضية من الخرسانة (أى البيتون) جدرانها من القرميد
المغطاة بطبقة من القطن الخبثى . ويسخن الهواء القادم الى الحجرة باجهزة
تسخين كهربائية مؤلفة من طاقم من السخانات الكهربائية الانبوبية ، وتصل



الشكل ١٦٤ - حجات التجفيف :

أ - المزودة بتسخين كهربائي وإعادة تدوير الهواء ، ب - المزودة بتسخين بالبخار وبدون إعادة تدوير الهواء ؛ ١ - عازل حراري ، ٢ - علبة توصيل ، ٣ - جهاز تسخين ، ٤ - مروحة ، ٥ - محرك كهربائي ، ٦ - آلية رفع الباب ، ٧ - باب الحجرة ، ٨ - الموجهات ، ٩ - عربة ، ١٠ - رف شبكي

قدرة جهاز التسخين حتى ٣٦ كيلواط . ويتم الشحن والتفريغ لحجرة التجفيف الكبيرة بمساعدة العربة ، التي يمكن التحكم بحركتها (للامام والخلف) من لوحة التحكم . وتركب أجهزة تشغيل المروحة وعناصر التسخين بحيث يمكن تشغيل عناصر التسخين بعد بدء تشغيل المروحة فقط ، وتكون حركة الهواء عبر جهاز التسخين الى الحجرة بموجب دورة مغلقة .

في الفترة الاولى من التجفيف (١ - ٢ ساعة بعد بداية العملية) ، عندما تتبخر الرطوبة من الملفات بسرعة ، يتم اطلاق الهواء العادم بكامله من الحجرة الى الجو . وفي الساعات اللاحقة من التجفيف ، يعاد الى الحجرة قسم من الهواء العادم والحوى على نسبة ضئيلة من الرطوبة وأبخرة المذيب . وتصل درجة الحرارة القصوى في الحجرة حتى ٢٠٠° م ، أما الحجم المفيد الداخلى فيتحدد بابعاد المنتجات الجارى اصلاحها .

اثناء تجفيف الملفات تفحص باستمرار درجة الحرارة في حجرة التجفيف ، ويفحص كذلك الهواء الخارج من الحجرة . وبتعلق زمن التجفيف ببنية المنتجات وأبعادها ، وبالمواد العازلة المستخدمة في الملفات ، وبخواص لك التشريب والمذيبات المستخدمة ، وبالقدرة الحرارية لجهاز التسخين . وتوضع الملفات في حجرة التجفيف بحيث تتعرض للهواء الساخن بشكل أفضل . تنقسم عملية التجفيف الى مرحلتين هما احماء الملفات لازالة مذيب اللك ، ثم شوى غشاء اللك . ففي المرحلة الاولى يسخن الملف حتى ١٠٠ - ١١٠° م ، ولا يستحسن تطبيق درجة حرارة اعلى من ذلك في هذه المرحلة من التجفيف ، وذلك تلافيا لشوى غشاء اللك قبل خروج المذيب بالكامل ، مما يؤدي عادة الى حدوث المسامية في الغشاء وتردى خواص العزل . وفي المرحلة الثانية من التجفيف ترفع درجة الحرارة حتى ١٣٠° م (للعوازل من الصنف A) ولمدة ٢ - ٣ ساعات . وتنتهى عملية التجفيف بعد انجاز المقاومة المستقرة بما فيه الكفاية لعازل الملف في هذا المنتج .

اذا لم يتسن تجفيف الملف الى درجة كافية (مقاومة العازل لا تزال منخفضة بعد عدة ساعات من التجفيف) ، فيبرد الملف عندئذ حتى درجة تزيد ١٠ - ١٥° م عن درجة الهواء المحيط ، ومن ثم يجفف من

جديد . وعند التبريد يجب الانتباه دوما كيلا تساوى درجة حرارة الملف لدرجة حرارة الهواء المحيط ، وذلك لان الرطوبة سرعان ما تتكثف على الملف فيتربط الملف .

تدهن عادة الاقسام الجبهية للمكونات الكهربائية بعد تجفيفها بطبقة رقيقة من المينا ، بحيث يتشكل غشاء رقيق اضافى املس ، يحمى الملف من الغبار والافساخ ، ويزيد كذلك من متانته الميكانيكية وصموده للرطوبة . ونحصل على افضل نوعية للدهان بالمينا بطريقة البخ ، ويمكن كذلك الدهان بالفرشاة . ولكي يكون الترابط افضل بين المينا والملف المشرب يجب دهان الملف بعد تسخينه حتى $50 - 70^{\circ} \text{م}$ ، كما ونحصل عادة على نوعية جيدة لغشاء الدهان اذا كانت سماكته فى حدود $0.1 - 0.15 \text{ مم}$ ، أما الطبقة الاسمك التى تحصل نتيجة الدهان بالمينا لمرة واحدة ، فهى تجف بشكل ردى وتكون قليلة المرونة وترتبط بشكل اردأ مع الملف بسبب المذيب الباقي فى الاعماق . وللحصول على طبقة سميكة من المينا يتم الدهان عدة مرات بعد تجفيف كل طبقة . ولتجفيف المينا يوضع الملف فى حجرة التجفيف بدرجة حرارة $60 - 80^{\circ} \text{م}$.

وفى المؤسسات الضخمة للاصلاح الكهربائى ينفذ التشريب والتجفيف بوسيلة وحدات تشريب وتجفيف خاصة .

ومن الجدير بالذكر أن لكات التشريب والمذيبات ودهانات المينا هى مواد سامة وقابلة للاشتعال بسرعة ، لذا يجب حفظها فى اماكن لا تقل درجة الحرارة فيها عن 80° ولا تزيد عن 25°م . ويجب ان يكون المستودع الذى تحفظ فيه هذه المواد مزودا باجهزة التهوية ووسائل الاطفاء . ويجب انجاز الاعمال المتعلقة باللكات والمينا والمذيبات فى قفازات مصنوعة من النسيج المقطرن او فى قفازات خاصة ونظارات واقية وصدرية مطاطية . وتذاب اللكات بالكميات التى تلبى الحاجات الجارية فقط ، ولا تحضر كميات احتياطية منها .

ينحصر انجاز اعضاء الانتاج فى عدد من العمليات التى ينتهى بها الاصلاح . وتنفذ غالبية هذه العمليات بعد جميع الاعمال المرتبطة بالملف (تنزيل الملف وتثبيته ولحام المخطط ووضع الاربطة والتشريب والتجفيف) . غير ان قسما من العمليات الانجازية يجب ان ينفذ قبل الاعمال المذكورة اعلاه ، مثلا يمكن القيام بعملية التثبيت للأكمام المصنوعة من الميكانيك فى الموحدات من النوع القوسى ، فقط بعد تنزيل الملف (فورا بعد تركيب الموحد المصلح على العمود) .

ينتقل الضغط فى الموحد من النمط القوسى من المخاريط الضاغطة ، فقط الى سطح البروز فى صفائح الموحد ، ولذا تبقى شقوق صغيرة بين السطوح الداخلية للصفائح وبين الاكمام المصنوعة من الميكانيك . عند عمل المكنة يدخل غبار الغرافيت من الفراشى الى هذه الشقوق ، مما يؤدى الى قصر الدائرة بين صفائح التوحيد . ويطرسب الغبار من الفراشى ايضا على النهايات البارزة لأكمام الميكانيك ، لتشكل جسور ناقلة بين حواف المخاريط الضاغطة وبين صفائح التوحيد مما يؤدى الى تعطيل المكنة . وبالإضافة الى ذلك ، فأثناء عمل المكنة تتشقق الاقسام البارزة لأكمام الميكانيك وتفتت مما يؤدى ايضا الى الاخلال بعوازل الموحد .

لكى نتجنب الظواهر السلبية المذكورة اعلاه ، توضع أربطة من شريط الكبير أو خيط التريبط (من جهتى الموحد) على الاقسام البارزة لأكمام الميكانيك للموحد . ويغطى سطح الاربطة والجوانب الطرفية لصفائح الموحد والسطوح الحرة المتبقية لأكمام الميكانيك بطبقة من المينا او اللك لى تكسب السطح الاملس اللماع ، الذى لا يستقر عليه غبار الفراشى . وتنفذ التغطية باللك عادة بثلاث او اربع طبقات للحزام العازل ولحواف صفائح الموحد وفلكات الموحد ، بدهان المينا الراتنجى مع التجفيف اللاحق لكل طبقة فى حجرة التجفيف . وقبل وضع الطبقة الاخيرة من المينا يجب تنظيف سطح الحزام العازل بورق زجاج .

يركب الموحد المصلح على العمود بعد معالجته الاولى (اذا احتاج الامر لذلك) على المخرطة . وتنفذ المعالجة النهائية للموحد (الخراطة والتجليخ والتنعيم لسطحه) بعد انتهاء جميع الاعمال المرتبطة بالملف ، بما في ذلك تشريبه وتجفيفه . وعند القيام بالمعالجة النهائية للموحد يجب اعارة الانتباه بشكل خاص الى تأمين الحد الأدنى من حيدان الموحد أثناء عمله ، لأنه حتى القيمة الصغيرة للحيدان (حوالي ٠,٠٥ - ٠,٠٦ مم) تنعكس بشكل سيء جدا على عمل اجهزة الفراشي ، وخاصة في المكينات العالية السرعة .

تنفذ المعالجة النهائية للسطح العامل للموحد عادة على المخرطة بعد تشريب عضو الانتاج وتجفيفه ، ويستند طرف العمود على المركز الدوار للمخرطة ، اما عنق العمود فيستند على حامل ، وبذلك يتم التوصل الى وحدة مركز السطح المعالج للموحد مع عنق العمود . ونتيجة لذلك ، سوف يكون حيدان الموحد مقدارا ضئيلا أثناء دوران عضو الانتاج في مدارج (محمامل) الممكنة . وتجرى معالجة وحدات المكينات الفائقة السرعة وذات القدرة غير الكبيرة ، بعد ان تتركب المدارج على عمود عضو الانتاج ، بحيث تثبت الحلقات الخارجية للمدارج في المخرطة ، أما عضو الانتاج مع الموحد فيتلقي حركته الدورانية عن طريق جهاز تحريك منفصل بقشاطر مرتبط بقلب عضو الانتاج .

عند المعالجة الانجازية (الخراطة) يعالج الموحد بواسطة قلم القطع المزود بلقم كربيدية ، وبسرعات قطع عالية مع اقل تغذية واقل عمق قطع ، مما يسمح بالحصول على سطح اكثر ملاسة للموحد . وعند خراطة الموحد يجب فحص حيدان عضو الانتاج بعناية بواسطة المؤشر .

نضطر اثناء الاستثمار الى خراطة موحد الممكنة دوريا ، بعد ان أصبح سطحه غير مستو بسبب التآكل غير المنتظم . وتخرط وحدات المكينات ذات القدرة الصغيرة والمتوسطة بعد فك الممكنة . اما فك المكينات الضخمة فهو فيرتبط غالبا بالصعوبات الكبيرة والتوقف الطويل الامد للمعدات الغالية الثمن ، وفي هذه الحالات يخرط الموحد دون فك الممكنة ، بحيث يدار عضو الانتاج في مدارجه بمساعدة محرك اضافي يوصل بقارئة مع الممكنة

الجارى اصلاحها . فاذا صادفت عملية تركيب المحرك المساعد صعوبات معينة ، فانه يمكن القيام بخراطة الموحد مع تدويره بعزم التدوير الذاتى له . ولهذا الغرض توصل المكنة بفلطية مخفضة ، وتحدد السرعة على محيط دائرة الموحد بحوالى ١٢٠ متر/دقيقة . وتنزع الفراشى العاملة من جميع حوامل الفراشى تجنباً لضررها ، وتوضع الفراشى المتآكلة فى احد الحوامل على كل قوس . ويوضع قلم القطع بدقة قدر الامكان على الخط المحايد للمكنة ويعزل عن السرج بتساميك من الكرتون او الورق المشرب بالراتنج . وتستخدم فى هذه الحالات اسراج نقالة خاصة تركيب على بلاطة الاساس وتثبت بجساءة تجنباً للارتجاج اثناء العمل .

عند عمل الموحد تتآكل الصفائح النحاسية بشكل اسرع من التساميك العازلة من الميكانيكيت الموجودة بينها ، وتؤدى العوازل الميكانيكية البارزة فوق صفائح الموحد ، الى ارتجاج الفراشى والاخلال بتماسها مع الموحد ، فينجم عن ذلك الشرر فقد تتعطل المكنة ، وتلافياً لذلك ، تنظف الدروب بين صفائح الموحد بعد الانتهاء من خراطة الموحد .

تنحصر عملية فتح الدروب فى تعميق عازل الميكانيكيت الموجود بين صفائح الموحد بمقدار ٠,٤ - ١ مم (تبعاً لابعاد الموحد) عن طريق قص الميكانيكيت . ويغطى سطح الموحد عندئذ بأقنية طولانية بين صفائح التوحيد (دروب) ، ومن هنا جاءت التسمية لهذه العملية . وفى التطبيق العملى تفتح الدروب يدويا فى غالبية المكنات ذات الموحد والصغيرة القدرة والمتوسطة ، بمساعدة جزء من منشار سماكته تعادل سماكة الميكانيكيت . ويثبت المنشار بالبراغى على شياق خشبى . ويجب تغطية ملف عضو الانتاج بكيس واق ، تجنباً لوقوع برادة النحاس فيه ، وبعد فتح الدروب فى الميكانيكيت بواسطة مكشطة يدوية تنزع حواف صفائح التوحيد كما هو مبين على الشكل ٤١ ، ب . ولفتح الدروب فى موحّدات المكنات الضخمة تستخدم فرائز يدوية نقالة بحيث توجه سكينه التفريز اثناء العمل بواسطة بكرة تندرج فى القناة المجاورة ، اما التغذية فتنفذ يدويا . وتؤخذ سماكة سكينه التفريز مساوية لسماكة تسميكة الميكانيكيت الموجودة بين صفائح التوحيد ، وأما

قطرها فيجب ان يكون أصغر ما يمكن ، لان السكينة الكبيرة القطر يمكن ان تصطدم بروؤوس الموحد .

ومن الجدير بالذكر انه تستخدم فى الآونة الاخيرة موحّدات تركب على البلاستيك (انظر الشكل ٤١ ، د) مزودة بتساميك عازلة مصنوعة من الميكانيت ، تستخدم هذه الموحّدات فى العديد من المحركات السريعة الأحادية الطور فى الأدوات الكهربائية النقالة ، التى تتراوح قدرتها من ٠,٢ الى ٢ كيلوواط وعدد دوراتها يتراوح من ١٢٠٠ الى ١٨٠٠ دورة/دقيقة . وتكون سرعة تآكل النحاس والميكانيت واحدة تقريبا اثناء عمل الموحد ، لذا لا تفتح الدروب فى مثل هذا الموحد، بل يترك املس ، مما ينعكس بشكل جيد على عمل الفراشى التى تكون ضيقة فى الممكنات من هذا النوع .

ولازالة آثار قلم القطع التى تتشكل عند خراطة الموحد ، وكذلك لازالة الشقوق والزوائد التى قد تظهر على الموحد عند فتح الدروب عليه ، يتعرض الموحد للتجليخ ثم التلميع . ويتم التجليخ باقراص جلخ مصنوعة من مادة غير موصلة للتيار . وقد حظيت باوسع استخدام اقراص الجلخ المصنوعة من المادة الاصطناعية التى يدخل الخفاف ضمن تركيبها ، ويستخدم كذلك الخفاف المشرب بالكيروسين . ويجب أن يكون سطح أقراص تجليخ الموحّدات اسطوانية الشكل تماما ، والا فان الحيدان سيظهر فى الموحد بعد التجليخ .

ينحصر الانجاز النهائى للموحد بتلميع سطحه بواسطة اللقم الخشبية التى تم تشغيلها حسب نصف قطر السطح الاسطوانى للموحد ، والتى تغطى بورق زجاج ناعم أو بمعجون تلميع .

وفى التطبيق العملى غالبا ما يتم الجمع بين عمليتى التجليخ والتلميع لسطح الموحد . ويكفى احيانا القيام بتلميع الموحد فقط ، وذلك بازالة السناج وتسوية الخشونة الظاهرة على سطحه .

وتعتبر موازنة عضو الانتاج العملية الختامية لانجازه ، وبما أن عضو الانتاج هو الدوار فى المكنة الكهربائية يتم دورانه بشكل هادئ ودون ارتجاج زائد فقط اذا وقع مركز ثقله على محور الدوران ، أما اذا جرى عكس ذلك

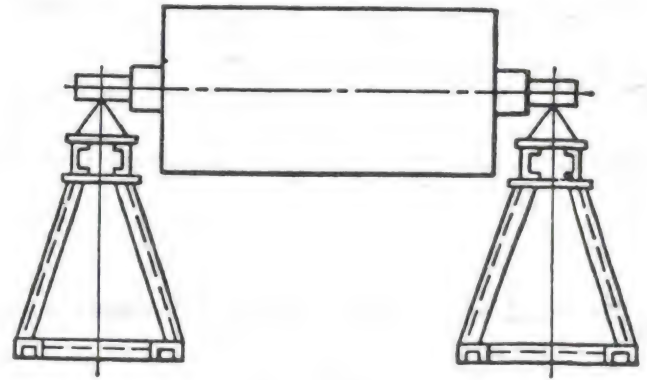
فيظهر الارتجاج والحيدان ، كما انه اذا لم تكن الممكنة مثبتة على الاساس بصورة كافية ، فانها تبدأ «بالزحف» .

بالرغم من أن عضو الانتاج فى الممكنة يتمتع بشكل اسطوانى ويجب ان يقع مركز ثقله على محور الدوران ، غير انه فى الواقع العملى لا ينطبق كقاعدة عامة مركز ثقل عضو الانتاج مع محور دورانه ، وذلك بسبب عدم التناظر الحتمى الذى لامفر منه ، والناجم عن الاقسام الجبهية للملف والعوازل والاربطة . ولكى نتوصل الى تطابق مركز الثقل مع محور الدوران ، نضطر الى توزيع اثقال صغيرة اضافية توضع فى اماكن معينة ، او نضطر الى نزع قسم من المعدن لتخفيف عضو الانتاج فى مكان معين وتسمى هذه العملية بالموازنة .

وهناك الموازنة الاستاتية (الساكنة) التى تنفذ عندما يكون عضو الانتاج بدون حراك موضوعا على سكاكين (مساطر) ، والموازنة الدينامية التى تنفذ عند دوران الجزء الجارية موازنته .

عند الموازنة الاستاتية

(الشكل ١٦٥) يوضع عضو الانتاج (العضو الدوار) للممكنة الكهربائية المتوضعة بشكل أفقى تماما ، على سكاكين التوازن (المساطر) بحيث يستند عمود عضو الانتاج على السكاكين ويستطيع التدحرج عليها بحرية .

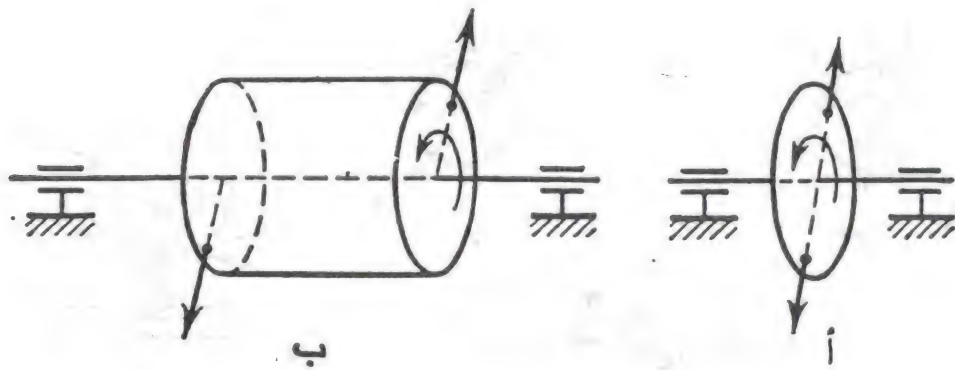


الشكل ١٦٥ - موازنة استاتية للعضو الدوار على السكاكين

ويدور عضو الانتاج على سكاكين التوازن قوة الثقل تحت تأثير بحيث يقع جزؤه الاثقل فى الاسفل ، اى يقع مركز ثقله تحت محور الدوران . ولتعويض عدم التوازن من الضرورى ان نضع ثقل الموازنة فوق محور الدوران . وكلما كانت المسافة أكبر بين محور الدوران و ثقل الموازنة ، كلما كانت الكتلة المطلوبة لهذا الثقل اصغر . ويتم اختيار الثقل الموازن

بحيث نحصل على الموازنة ، اى كى يبقى الجزء الجارية موازنته على السكاكين دون ان يتدحرج فى اى وضع يشغله .

لا تكفى الموازنة الاستاتية بالنسبة لاعضاء الانتاج والاعضاء الدوارة الطويلة فى المكنات السريعة ، وذلك لان مركز ثقل العضو الدوار غير المتوازن ، والثقل المتوازن يمكن ان يتوضعا بعد الموازنة الاستاتية على مسافات مختلفة على طول المكنة ، فيتولد بسبب ذلك عزم تدوير اثناء دوران العضو الدوار تحت تأثير القوة النابذة ، ويتجه هذا العزم على طول المكنة ويسبب ارتجاجها اثناء العمل (الشكل ١٦٦) . ولا يمكن ازالة عدم التوازن هذا

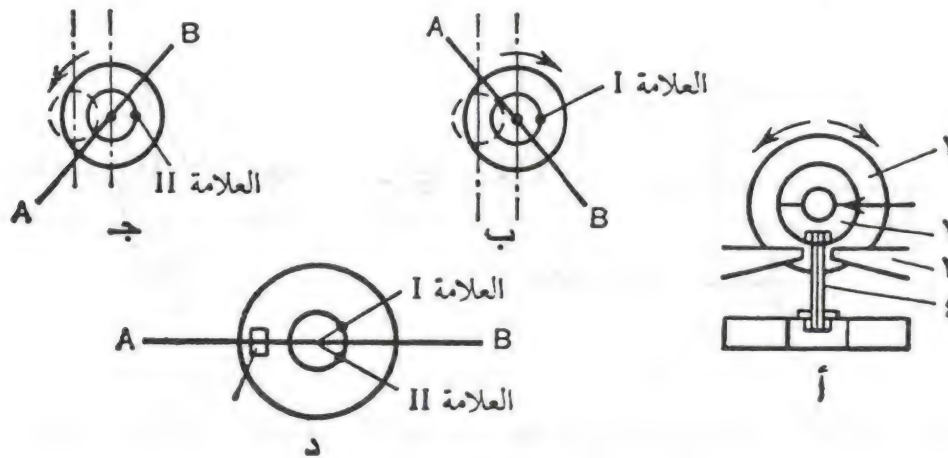


الشكل ١٦٦ - مخطط كروكى لشرح مفاهيم الموازنة الاستاتية والموازنة الديناميكية :
أ - قرص التوازن ، ب - اسطوانة موازنة افقيا (عدم التوازن الديناميكي يتبقى)

الناجم عن تأثير القوى النابذة بطريقة الموازنة الاستاتية ، بل تحل هذه المسألة بالموازنة الدينامية فقط ، التى يثبت الثقل المتوازن عندها بحيث يولد هذا الثقل عند دورانه عزمًا تساوى قيمته قيمة العزم الناجم عن عدم التوازن ويتجه عكس اتجاهه .

قبل القيام بالموازنة الدينامية يجب فحص السطوح العاملة للعضو الدوار (أعناق العمود وطرفاه ، الموحد ، حلقات التماس ، قلب العضو الدوار) للتأكد من عدم وجود الحيدان ، وازالته عند اللزوم . واذا احتاج الأمر عند تركيب العضو الدوار على مكنة التوازن الى استخدام شياقات ما ، يجب التأكد من عدم حيدانها وتوازنها . ويجب ان لا تتواجد على العضو الدوار اجزاء مثبتة بشكل ردى ، لانه يستحيل تنفيذ عملية الموازنة فى هذه الحالة . تنفذ الموازنة الدينامية للاعضاء الدوارة فى المكنات المتوسطة وغير الكبيرة

على مكينات توازن خاصة ، مع العلم بان مكينات التوازن الاوتوماتية الحديثة المستخدمة في مصانع بناء المكينات الكهربائية ، مزودة بمخططات الكترونية وكهروميسية معقدة ، تبين مكان تثبيت الثقل الموازن ومقدار الثقل الموازن اللازم على الفور من تشغيلها وبدقة كبيرة . غير ان هذه المكينات تكلف ثمنا غاليا ، كما أنها محسوبة لموازنة اصناف معدودة فقط من الاجزاء (من حيث الكتلة والطول والقطر) ، ولذا يندر استخدام مثل هذه المكينات في الاصلاح ؛ وعلى الأغلب تستخدم مكينات توازن بسيطة نسبيا يوضح مبدأ عملها الشكل ١٦٧ .



الشكل ١٦٧ - مخططات الموازنة الديناميكية :

- أ - مخطط المكنة ، ب - علامة عند تدوير عضو الانتاج حسب اتجاه عقارب الساعة ،
ج - علامة عند تدويره بعكس عقارب الساعة ، د - تحديد مكان تثبيت الثقل الموازن

من أجل انجاز التوازن الدينامي يوضع العضو الدوار ١ في المدارج ٢ للمكنة (الشكل ١٦٧ ، أ) . وتثبت هذه المدارج على نوابض مسطحة ٤ ، ويمكن حصرها بين المساند ٣ أو تستطيع أنجاز الاهتزازات الحرة سوية مع النابض . ويدار العضو الدوار بمساعدة محرك كهربائي ، وسوف تسعى القوة النابذة الظاهرة عندئذ بسبب عدم التوازن ، والموجهة قطريا تسعى هذه القوة الى هز مدارج المكنة . وللقيام بالموازنة تثبت إحدى المدرجتين ، أما المدرجة الاخرى فتتحرر وتهتز تحت تأثير عدم التوازن . وتوضع علامة بقلم ملون في نقطة اقصى انحراف للعضو الدوار ، على سطح ما للعضو الدوار مشغل بشكل دقيق ومتمركز مع محور العمود . غير أنه لا تسمح هذه

النقطة بعد بتحديد مكان عدم التوازن بدقة كافية ، وذلك لأن أكبر انحراف للعضو الدوار يتأخر قليلا عن مكان عدم التوازن . ويتعلق هذا التأخر بنسبة عدد الدورات الى عدد الاهتزازات الخاصة للعضو الدوار على المساند . عند تطابق عدد دورات العضو الدوار مع عدد الاهتزازات الخاصة به يحصل طنين وتصبح الاهتزازات بأقصى مدى . وعند نشوء الطنين تكون قيمة التأخر قريبة من 90° ، وبالتالي يمكن ايجاد مكان عدم التوازن على العضو الدوار بالعد من وسط العلامة 90° الى الامام باتجاه الدوران ، ويتحدد مكان تركيب الثقل الموازن بالعد 90° بعكس اتجاه الدوران .

اذا كانت الموازنة تنفذ بعدد دورات اقل من العدد الطنيني فاننا نضع علامتين لتحديد موضع عدم التوازن (العلامتان I و II على الشكل ١٦٧ ، ب ، ج ، د) باقلام ذات ألوان مختلفة عند اختلاف اتجاه الدوران . ويرمز لمستويات عدم التوازن على الاشكال بالخطوط AB ، المزاحة بالنسبة للعلامتين بزوايتين متساويتين باتجاه دوران العضو الدوار كما هو مبين بالاسهم . وفي الشكل ١٦ ، د تنطبق الخطوط AB ، لذا فان العلامتين I و II مزاحتان على الدائرة . عندئذ يقع عدم التوازن في الوسط بين العلامتين ، اما الثقل الموازن B فيوضع في النقطة المقابلة قطريا على دائرة العضو الدوار . ويتم اختيار قيمة الثقل بطريقة تجريبية حتى يختفي ارتجاج المدرجة . وبعد الانتهاء من موازنة طرف واحد لعضو الانتاج ، تثبت هذه المدرجة دون تحريك ، أما المدرجة الثانية فتحرر ، ونقوم بالموازنة هنا بطريقة مشابهة . ومن ثم نكرر موازنة الطرف الاول ، وفي حال الضرورة نضع ثقلا اضافيا .

تنفذ موازنة الأعضاء الدوارة في المكائن الصخمة ذاتها على مدارجها الخاصة . ولهذا الغرض يتم اقلاع النمكة بدون تحميل ويقاس ارتجاج المدارج بمساعدة اجهزة قياس خاصة . وفي حال عدم توفرها يقاس الاهتزاز بالمؤشر المثبت على قاعدة ثقيلة . وبعد ضغط محساس المؤشر على الجزء المهتز ، نحدد مقدار سعة الاهتزازات . غير انه يجدر بنا ان نذكر ان عملية الموازنة الدينامية للأعضاء الدوارة في المكائن الصخمة وفي مدارجها ، هي عملية

معقدة الى حد كبير وتحتاج الى مهارة عالية وخبرة للقائمين بذلك . وينفذ هذا العمل عادة تحت الاشراف المباشر لمهندسين وباشرائهم .
ويجب ان تتعرض للموازنة الاستاتية الاعضاء الدوارة واعضاء الانتاج لجميع المكينات الكهربائية . اما الموازنة الدينامية فتجرى للاعضاء الدوارة واعضاء الانتاج فى المكينات السريعة .

تصنع فى المكينات الكهربائية الحديثة أماكن مخصصة لتثبيت اثقال الموازنة هى أقنية فى حوامل الفراشى ، واقراص على اعمدة الاعضاء الدوارة للمحركات اللامتزامة ، وحلقات توازن على اعضاء الانتاج للمحركات السريعة ذات الموحد ، فى العدد الكهربائية وغيرها . وفى بعض الحالات تستخدم قطع من النحاس تدق فى المجارى بدلا من الاسافين ، أو تلحم المونة على الاربطة الملفوفة ، بصفة أثقال توازن فى أعضاء الانتاج للمكينات الصغيرة . غير ان هذه الطرق لا يمكن النصيح بها ، لانه فى الحالة الاولى يحصل قصر فى الدائرة بين صفائح القلب لعضو الانتاج ، وفى الحالة الثانية قد يحصل ارتخاء الاربطة نتيجة للحمولة الاضافية الناجمة عن القوة النابذة المؤثرة على الثقل الموازن أثناء عمل المكنة .

وفى الختام ، يجب ان نذكر انه عند انجاز اعضاء الانتاج (والاعضاء الدوارة) يدهن عادة السطح الخارجى لقلوبها بكامله بالميناء الرمادى ، مما يولد على السطح غشاء لا ينفذه الماء بحيث يحمى الملف من نفوذ الرطوبة ، كما ويحمى السطوح الاخرى من الصدأ . وينفذ الدهان بالبخاخ او بالفرشاة ، وبعد ذلك تجفف الاعضاء الدوارة ، ويتعلق نظام التجفيف ومدته بنوع الدهان والعازل المستخدم فى ملف العضو الدوار (عضو الانتاج) .

أسئلة للمراجعة

- ١ - كيف تثبت اقسام المجارى والاقسام الجبهية للملفات فى اعضاء الانتاج والاعضاء الدوارة فى المكينات الكهربائية ؟
- ٢ - عدد ميزات ونواقص طريقة تثبيت قسم المجارى من الملف ، بواسطة الاربطة .
- ٣ - ما هى طريقة الاصلاح لاربطة اعضاء الانتاج والاعضاء الدوارة فى المكينات الكهربائية ؟
- ٤ - لماذا يلزم تشريب الملفات وتجفيفها فى المكينات والاجهزة الكهربائية ؟
- ٥ - ما هى العمليات الاساسية التى يتألف منها انجاز اعضاء الانتاج ؟

- ٦ - لماذا يلزم التجليخ والتلميع وفتح الدروب في الموحدات ؟ وما هي طريقة التنفيذ لكل من هذه العمليات ؟
- ٨ - ما هو الفرق بين الموازنة الاستاتيكية والموازنة الدينامية لاجزاء الانتاج (الاجزاء الدوارة) ، وفي اية حالات تنفذ ؟ وما هي طريقة تنفيذ الموازنة ؟

الباب الحادى عشر .

الرقابة والاختبار عند اصلاح الملفات فى المكنتات الكهربائية والمحولات

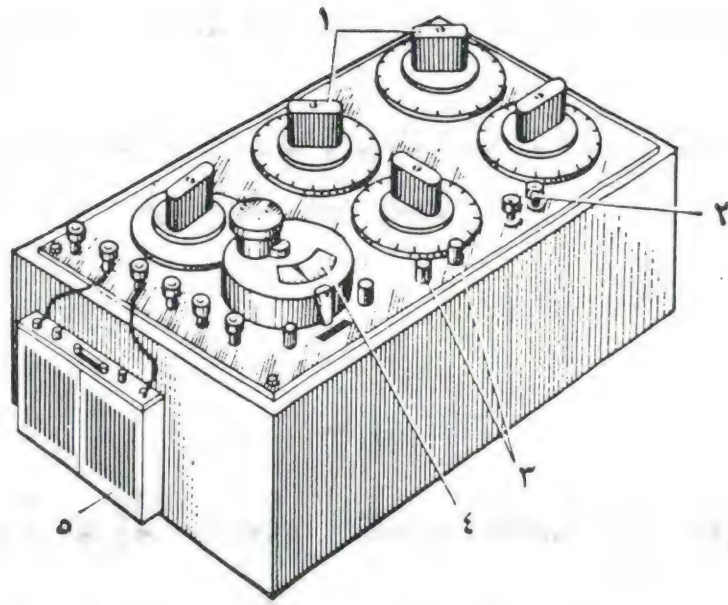
البند ٥٨ - انواع الرقابة والاختبار ومضمونها عند اصلاح ملفات المكنتات الكهربائية والمحولات . بعض أنواع المقاييس والتجهيزات الخاصة

يحتاج اصلاح ملفات المكنتات الكهربائية والمحولات الى القيام بالاختبارات المختلفة :

- اختبارات ما قبل الاصلاح لتحديد الاعطال الظاهرة وكذلك لتحديد أعمال الاصلاح المطلوب وحجمها ؛
- اختبارات مرحلية وبعد كل عمل اصلاح للتأكد من جودة العمليات التكنولوجية المنفذة أثناء الاصلاح ، وكذلك للكشف عن عيوب محتملة فى عناصر الملف بعد صنعها .
- اختبارات بعد الاصلاح للتأكد من صلاحية المكنة الكهربائية المصلحة أو المحول المصلح .

وعند القيام بالاختبارات المذكورة أعلاه تستخدم اجهزة قياس وتجهيزات خاصة بالاضافة الى اجهزة القياس الاعتيادية ذات الاغراض العامة (مقياس فولط ، مقياس امبير ، مقياس الواط ، عداد الدورات وغيرها) .

مقياس مقاومة الملفات أو عناصرها (جر المقاومات) (الشكل ١٦٨) .
نوصل أولا مأخذ الملف الجارى قياسه أو جزئه مع مأخذ المقياس ٢ ، ومن



الشكل ١٦٨ - جسر عمومي للمقاومات :

١ - قبضات تحويل المقاومات ، ٢ - مأخذ توصيل المقاومة المقاسة ، ٣ - كبسات «الخشن» و «بدقة» ، ٤ - مينا المقياس ، ٥ - عناصر التغذية

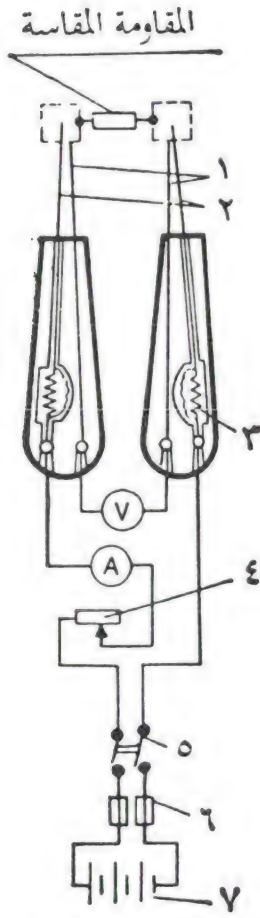
ثم نختار المقاومة القريبة من المقاومة المراد قياسها وذلك بتدوير القبضة ١ لمفاتيح تحويل المقاومات . وبعد ذلك تضغط على احد الزرين ٣ الذي كتبت عليه كلمة «الخشن» ، وينحرف مؤشر المقياس نحو اليمين أو اليسار عن الوضع الاوسط . وتوجد على اللوحة ٤ تدريجات يقع الصفر في وسطها .

إذا انحرف المؤشر نحو اليمين عن الوضع الاوسط ، فوجب زيادة المقاومة ، والعكس بالعكس . وبعد القيام بعدة تدويرات لمفاتيح تبديل المقاومات ، يتوقف المؤشر على الصفر أولا بالضغط على الزر الذي كتبت عليه كلمة «الخشن» ، ومن ثم على الزر الذي كتبت عليه كلمة «الدقيق» . عندئذ تتحدد المقاومة المراد قياسها بالارقام الموجودة على اقراص مفاتيح التحويل . ويتغذى المقياس من بطاريات غلفانية أو مركبات ٥ .

محساسات خاصة (الشكل ١٦٩) تستخدم عند قياس مقاومة ملف عضو الانتاج او عناصره على طريقة مقياس الامبير ومقياس الفولط ، حيث يضغط المحساسان على صفيحتين من صفائح الموحد ، ولكل محساس ابرتان : ١ - مرتبطة بجساءة مع لقمة عازلة ؛ ٢ - البرة الثانية تتحرك

الشكل ١٦٩ - محسسات خاصة :

١ و ٢ - ابرتان ، ٣ - نابض ، ٤ - مقاومة متغيرة ،
٥ - قاطع ، ٦ - فاصمة ، ٧ - مدخرة



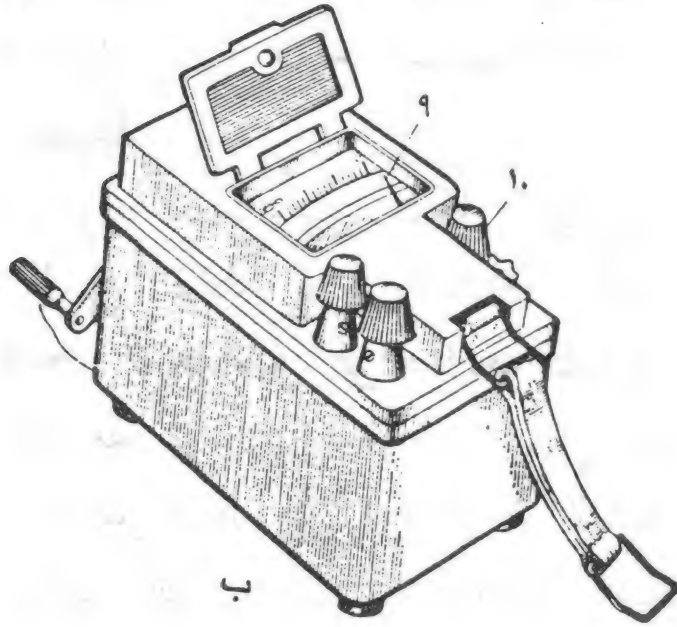
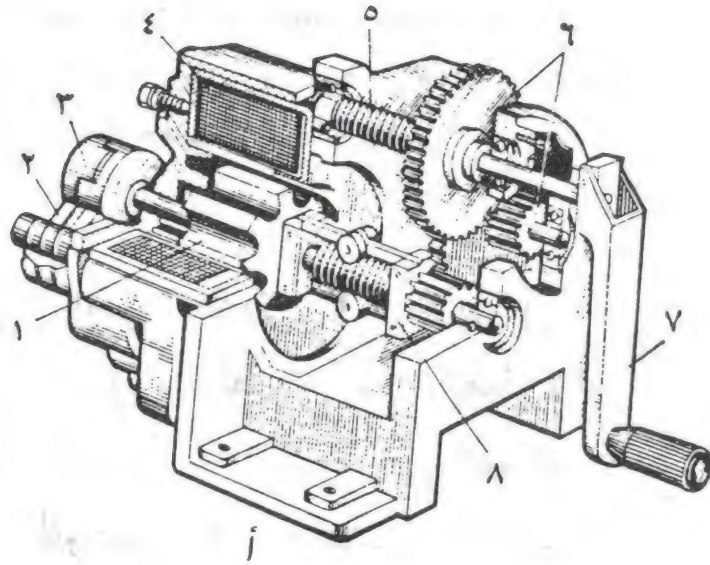
وتظهر تحت تأثير نابض حلزوني ٣ . ويوصل مع
الابرتين مقياس الميل فولط ٧ ، وتوصل مع
الابرتين ٢ شبكة التغذية ، المؤلفة من المرمك ٧
والقاطع ٥ ، والفواصم ٦ ومقياس الامبير A
والمقاومة المتغيرة (ريوستات) ٤ . وتحدد بواسطة
الريوستات قيمة التيار التي يصبح عندها انحراف
مؤشر المقياس ملحوظا .

وقد صنعت ابر المحسسات بشكل مزدوج
لحماية مقياس الميل فولط من الاحتراق عند

الفصل العرضي لاحد المحساسين عن صفيحة التوحيد ، عندما تصل كل
فلطية المرمك الى مقياس الميل فولط . ففي حال الابرة المزدوجة
ينحرف مقياس الميل فولط قبل ابرة شبكة التغذية ، بالاضافة الى ان
الابر المزدوجة تستثنى تأثير عدم الثبات لمقاومة تماسات ابر التغذية على
نتائج القياسات .

مقياس ميغا اوم يستخدم لقياس مقاومة عازل الملف بالنسبة للجسم وبين
الملفات المنفصلة. ويستخدم مقياس الميغا اوم بفلطية ٥٠٠ فولط من أجل
المكنات الكهربائية والمحولات ذات الفلطية المقدرة التي تصل الى ٥٠٠
فولط ، ومن اجل المكنات والمحولات التي تفوق فلطيتها المقدرة ٥٠٠
فولط يستخدم مقياس الميغا اوم بفلطية ١٠٠٠ و ٢٥٠٠ فولط (تبعاً للفلطية
التي يحسب من أجلها عازل الملف).

ان مقياس الميغا اوم هو عبارة عن جهاز قياس نقال يتألف من مولد
للتيار المستمر وجهاز قياس يقعان كلاهما في جسم مشترك مصنوع من
البلاستيك . ويبين الشكل ١٧٠ ، أ تركيب أكثر نماذج الميغا اوم انتشارا



الشكل ١٧٠ - مقياس الميغا اوم M1101

أ - تجهيزة داخلية ، ب - منظر عام ؛ ١ - عضو انتاج المولد ، ٢ - فراشي ، ٣ - صفائح الموحد ، ٤ - وشيعة اسطوانية ، ٥ - نابض آلية الفصل ، ٦ - مسننات ، ٧ - قبضة ، ٨ - منظم يعمل بالقوة النابذة ، ٩ - مؤشر ، ١٠ - قبضة تبديل حدود القياس

من الطراز M1101 . فعند تدوير القبضة ٧ حسب اتجاه عقارب الساعة ، ينتقل الدوران عن طريق زوجين من التروس ٦ الى عضو الانتاج ١ للمولد والذي هو مغناطيس دائم ثمانى الاقطاب ويستخدم النابض ٥ لفصل تعشيق الآلية عند تدوير القبضة باتجاه عكس عقارب الساعة . وتقع حول المغناطيس وشيعة ٤ متعددة اللفات ملفوفة من سلك رفيع وتستقر الوشيعة فى موصل مغناطيسى

جداره رقيق ، وطرفاه مثنيان نحو داخل الوشيعة . وتغلق دائرة السيالة المغناطيسية التى تولدها اقطاب عضو الانتاج عبر هذين الطرفين والموصل المغناطيسى ، فعند دوران عضو الانتاج تتولد فى الوشيعة فلطية متناوبة . وتوصل نهايتا الملف مع الصفائح ٣ للموحد الذى يقوم التيار المتناوب .

تنزلق الفراشى ٢ على الموحد ، وتنقل هذه الفراشى التيار المتولد الى اطارات اداة القياس من خلال مجموعة من المقاومات . ويثبت المؤشر ٩ (الشكل ١٧٠ ، ب) على محور واحد مع الاطارات ، وتتعلق زاوية انحراف هذا المؤشر بالمقاومة الجارى قياسها . وقد تم تدريج مينا المقياس بالميجا اوم والكيلو اوم ، ويتم تحويل حدود القياس بتدوير القبضة الدائرية ١٠ الموجودة على غطاء المقياس .

تؤثر فلطية المولد على مدلول المقياس ، وهى تتعلق بعدد دورات عضو الانتاج ، الذى يحافظ عليه بالمنظم النابذ ٨ (انظر الشكل ١٧٠ ، أ) . فاذا دورنا قبضة المقياس بسرعة أكبر من السرعة المقدرة فان الثقلين يتباعدان تحت تأثير القوة النابذة ويفصلان عضو انتاج المولد عن جهاز التحريك . قبل توصيل الاسلاك من مقياس الميغا اوم الى الجسم المراد قياسه يلزم نزع الفلطية من مأخذ هذا الجسم وتفريغها من الشحنة السعوية . وعند قياس مقاومة عازل الملف بالنسبة للهيكل بواسطة مقياس الميغا اوم ، يوصل احد اسلاك مأخذ المقياس مع مأخذ الملف ، ويوصل السلك من المأخذ الآخر للمقياس مع هيكل المكنة ، او يقصر مع التأريض . أما عند قياس مقاومة العازل بين الملفات (بين الاطوار) توصل مأخذ المقياس مع مأخذ الملف . ويجرى تحديد مقاومة العازل على ميناء المقياس بتدوير قبضة جهاز التحريك بعدد دورات يعادل ١٢٠ دورة/دقيقة او أكثر بقليل .

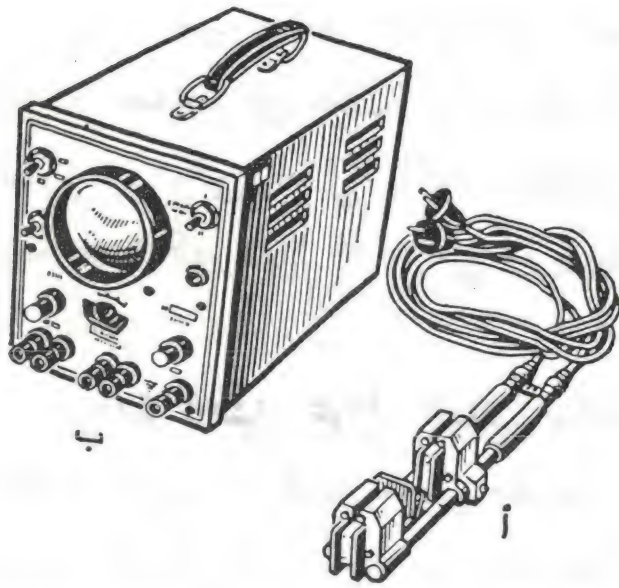
ويجب ان يكون لاسلاك التوصيل طول كاف وعازل جيد ، ويجب عدم استعمال اسلاك مصفورة لانها تترطب بسهولة ومن المستحسن وضع الاسلاك بشكل معلق ، كى تستثنى التأثير الموازى لمقاومة عازل اسلاك التوصيل على مدلول المقياس ، كما يجب ان يكون سطح مقياس الميغا اوم نظيفا وجافا .

ويجب قبل اجراء القياس التأكد من صلاحية مقياس الميغا اوم ، ولهذا الغرض نضع المقياس فى الوضع الافقى ونقصر دائرة مأخذه ، ثم نقوم بتدوير قبضة تشغيل المولد ونؤكد من تطابق المؤشر مع علامة الصفر على التدريجات فى مينا المقياس . ومن ثم تفحص بنفس الطريقة انطباق المؤشر على العلامة ∞ (لانهائية) عندما تكون المآخذ مفصولة .

ان الاجهزة CM-1 و CM-2 ، EЛ-1 جيدة وشاملة الاغراض تستخدم من أجل اختبارات ما قبل الاصلاح ، واختبارات مرحلية بعد كل عمل اصلاح والفحوصات النهائية للملفات ، وهى تستخدم للكشف عن قصر الدائرة بين اللفات وعن الانقطاعات فى ملفات المكثات الكهربائية ، ولايجاد المجرى الحاوى على ملفات مقصرة وللتأكد من صحة توصيل الملف حسب المخطط ، ولتعليم اطراف مأخذ اطوار الملفات.

ويعتمد مبدأ عمل الجهازين CM و EЛ على ما يلى : يوصل مع الجهاز ملفان ترسل اليهما بالتتابع نبضتان من فلطية عالية التردد ، فاذا كانت بارامترات الملفين الموصولين متساوية تماما ، اى تتساوى مقاومتها الكاملة (المجموع الهندسى للمقاومات الفعالة والمفاعلة) ، فان نبضات التيار سوف تكون متساوية ايضا فى هذين الملفين . وفى مثل هذا الوضع ، سوف ينطبق على شاشة الانبوبة المهبطية ، المنحنيان الموافقان والمتعلقان بدائرتين تجرى مقارنتهما مثل طورين مختلفين فى ملف ما . اما اذا وجد عطل ما فى احد الملفين و ينعكس على قيمة المقاومة الكلية ، فان نبضات التيار المار عبر الملفين الجارى اختبارهما ستكون مختلفة ، وسرى على شاشة الانبوبة المهبطية لا منحنى واحدا وانما منحنيين . ولكل عطل منحنى له شكل مميز يسمح بتحديد نوع العطل فى الملف ، وتمتع هذه الاجهزة بحساسية عالية .

يعنر الجهاز EЛ-1 انمبين على الشكل ١٧١ ، أ أكثر ملاءمة لاستخدامه فى أعمال الاصلاح . ويوضع هذا الجهاز فى هيكل معدنى مزود بقبضة للحمل . وتوجد على اللوحة الامامية للجهاز قبضات التحكم ومأخذ لتوصيل الملفات الجارى اختبارها ، او لتوصيل النبيطة المخصصة للعثور على المجرى



الشكل ١٧١ - الجهاز الإلكتروني لفحص ملفات المكثات الكهربائية EЛ-1 (أ) ، ونبيطة للعثور على المجري الحاوي على لفات مقصرة (ب)

الحاوي على لفات مقصرة ، كما توجد شاشة المؤشر بالشعاع الإلكتروني . وتوجد على الجدار الخلفي الفاصمة والمقر الذي توصل فيه الاسلاك مع الشبكة . وفي القسم الاسفل للوحة الامامية توجد خمسة مآخذ ، يستخدم المآخذ الايمن والاخير لتوصيل سلك التأريض ؛ اما المآخذ «مخرج النبضة» فتستخدم لتوصيل الملفين الجارى اختبارهما والموصولين على التسلسل ، او لتوصيل

النبيطة التي تحرض المغناطيس الكهربائي ، وتصلح المآخذ «الاشارة تظهر» لتوصيل المغناطيس الكهربائي المتحرك للنبيطة او لتوصيل النقطة المتوسطة للملفين الجارى اختبارهما ، ويزن الجهاز ١٠ كغ .

وللعثور على المجارى التي توجد فيها لفات مقصرة ، تستخدم النبيطة المزودة بمغناطيسين كهربائيين على شكل حرف Π فيهما ١٠٠ و ٢٠٠٠ لفة (الشكل ١٧١ ، ب) . وتوصل وشيعة المغناطيس الكهربائي الثابت (١٠٠ لفة) الى المآخذ «مخرج النبضة» للجهاز ، اما وشيعة المغناطيس الكهربائي المتحرك (٢٠٠٠ لفة) فتوصل مع المآخذ «الاشارة تظهر» ، ويجب ان تكون القبضة المتوسطة عندئذ في الوضع الايسر الطرفي «العمل على النبيطة» . عند نقل كلا المغناطيسين الكهربائيين من مجرى الى مجرى آخر للقلب ، سوف نشاهد على شاشة الانبوبة المهبطية ، ما يلي :

— خط مستقيم او منحني بسعات صغيرة ، مما يدل على عدم وجود

لفات مقصرة في المجرى ؛

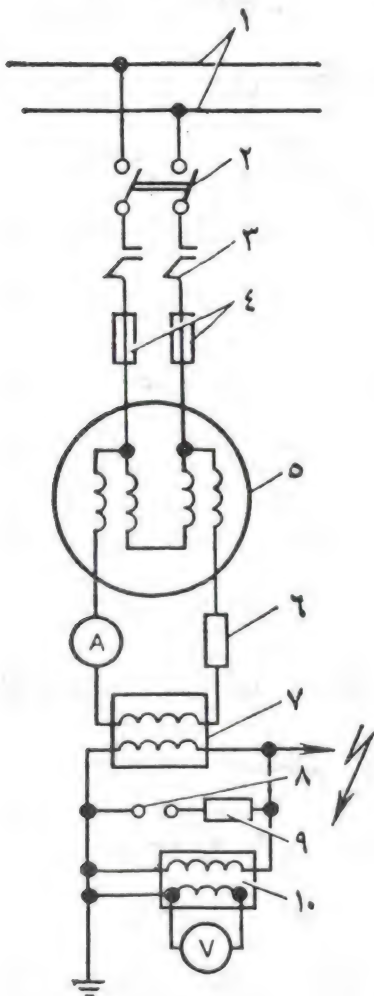
— منحنيان بسعات كبيرة متباعدان أحدهما عن الآخر ، مما يدل

على وجود لفات مقصرة في المجرى .

وبموجب هذه المنحنيات المميزة نغش على المجارى الحاوية على لفات مقصرة فى ملف العضو الساكن للمكثات الثلاثية الاطوار أو الاحادية الطور ، والتي تعمل بالتيار المتناوب ، وفى ملف العضو الدوار الطورى للمحرك الكهربائى اللامتزامن وفى ملف عضو الانتاج للمكثات ذات الموحد (المبدل) .

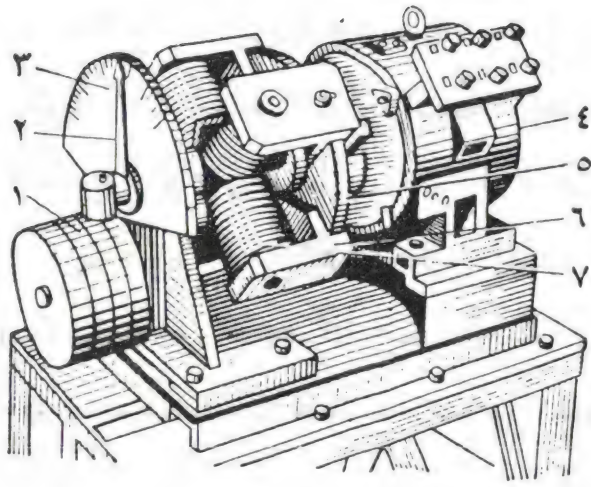
وحدة اختبار عوازل الملف بالفلطية العالية ، وهى تركيب اما فى خزانة خاصة يؤرض هيكلها بشكل مضمون ، او تركيب بشكل محصور بحواجز . ويبين الشكل ١٧٢ احد المخططات الممكنة لمثل هذه الوحدات الاختبارية . وهناك المنظم الحثى ٥ يقوم بضبط الفلطية (فى الوحدات الصغيرة يمكن ان نستخدم لهذا الغرض مقاومة متغيرة او محول ذاتى مخبرى) . وتعمل المقاومة الوقائية ٦ على حماية المنظم من فرط التحميل عند خرق العازل ، وتقلل من تشوه شكل الخط المنحنى للفلطية الجيبية الاختبارية . والمفرغ الكروى ٨ يحمى الملف الجارى اختباره من ارتفاع الفلطية فوق القيمة المقدرة . ولكى لا يحصل قصر دائرة عند خرق المفرغ الكروى ، فى المحول الاختبارى الراجع للفلطية ٧ ، توصل مقاومة اضافية ٩ فى دائرة المفرغ .

يجب تزويد ابواب الخزانة او حواجز الوحدة بمفتاح فاصل يقوم بالفصل الاوتوماتيكي



الشكل ١٧٢ - مخطط وحدة اختبار العازل بفلطية مرتفعة :

- ١ - شبكة التيار المتناوب ، ٢ - قاطع ،
- ٣ - جهاز تلامس ، ٤ - فاصمة ، ٥ -
- منظم حثى للفلطية ، ٦ - مقاومة واقية ،
- ٧ - محول اختبار يرفع الفلطية ، ٨ -
- مفرغ كروى ، ٩ - مقاومة اضافية ،
- ١٠ - محول الفلطية للقياس



الشكل ١٧٣ - فرامل كهربية لاختبار المحركات الكهربائية تحت الحمولة :
١ - ثقل معادل ، ٢ - مؤشر ، ٣ - لوحة مدرجة ، ٤ - محرك كهربائي تحت الاختبار ، ٥ - قرص فولاذي ، ٦ - قطب ، ٧ - وشيعة المغناطيس الكهربائي

للوحدة عند فتح الباب ، وبلمبة اشارة حمراء تضيء عند تشغيل الوحدة .

وحدة اختبار المحركات الكهربائية تحت التحميل ، وهي تستخدم عادة للاختبارات الجارية بعد الاصلاح . ويبين الشكل ١٧٣ الفرملة الكهربائية لمثل هذه الوحدة ، حيث يتم توصيل نهاية عمود المحرك الكهربائي ٤ الجارى اختباره مع عمود القرص الفولاذي ٥ ذي الكتلة الكبيرة ، بواسطة القارنة المرنة المزودة بحدبات . ويمسك القرص بأربعة أقطاب ٦ مثبتة بلوالب على المغناطيسات الكهربائية المزودة بالوشائع ٧ التي تتناوب قطبيتها . وتوصل وشائع المغناطيسات الكهربائية على التسلسل ، وتغذى بالتيار المستمر (عادة من المقوم) . وتجمع المنظومة المغناطيسية بكاملها على عمود مستقل يستند على المدارج ، ويثبت على طرف العمود ثقل موازن ١ ومؤشر ٢ يوضع مقابل لوحة التدريجات ٣ الثابتة ، وتدرج هذه اللوحة بالكيلوغرامات المترية . يتولد عزم الفرملة (التحميل) على عمود المحرك الكهربائي الجارى اختباره ، على حساب التأثير المتبادل للتيارات الدوامية مع المجال المغناطيسى لأقطاب المغناطيسات الكهربائية ، وتتولد هذه التيارات فى القرص الدوار . وتحت تأثير عزم الفرملة تدور المنظومة المغناطيسية للوحدة ، وينحرف المؤشر ، ويتم ضبط قيمة عزم الفرملة عن طريق تغيير شدة التيار فى وشائع المغناطيسات الكهربائية بمساعدة المقاومة المتغيرة .

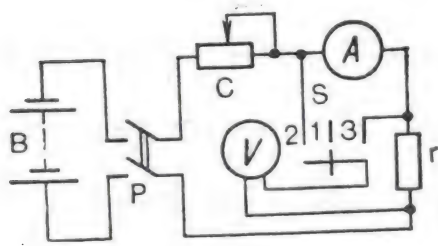
ان الاختبارات ما قبل الاصلاح للمكنات الكهربائية والمحولات تجرى عندما لا تتوفر امكانية لتحديد العطل وسببه بالكشف الخارجى ، او طبيعة

الاصلاح المطلوب وحجمه . وغالبا ما يحصل العطل فى الملفات ، بحيث يكون احد الاسباب الرئيسية لتعطل الملف هو الاحماء الزائد بسبب فرط التحميل او اى خلل آخر فى نظام العمل الطبيعى .

يمكن ان تكون فى الملف اعطال ميكانيكية واعطال كهربائية . وينتمى الى الاعطال الميكانيكية ظهور التطعيجات على الملفات ، انهيار ربط الملف والانقطاعات فى العوازل وانزلاق او انقطاع لاحزمة التربيط للأعضاء الدوارة فى المكنات الكهربائية ، وانقطاع اسلاك توصيل الملف فى عضو الانتاج ذات الموحد وهكذا . والاعطال الكهربائية هى عبارة عن قصر دائرة الملفات وانهيار عزل الهيكل ، والخلل فى نقاط التماس الملحومة وغير ذلك .

ولتحديد نوع العطل فى الملفات الواردة للاصلاح غالبا ما نحتاج اثناء اجراء اختبارات ما قبل الاصلاح الى استخدام الانواع التالية من القياسات والاختبارات :

— قياس مقاومة عازل الملف بمقياس الميغا اوم ؛ ويجب القيام بهذه القياسات عندما لا تقل درجة حرارة الملف عن $+10^{\circ} \text{C}$ ، وبواسطة مقياس ميغا اوم محسوب على الفلظية المناسبة للملف المعطى ؛ وبعد القيام بقياس مقاومة العازل بمقياس الميغا اوم يلزم نزع الشحنة الكهربائية من الملف بتطبيق التأريض ، وذلك لوقاية الافراد العاملين بالاصلاح ؛



— قياس مقاومة الملف للتيار

المستمر ؛ وعند القيام بهذا القياس يتم التأكد من سلامة الملف وسلامة اماكن التوصيلات لاجزائه المختلفة (اماكن اللحام) ؛ وتقارن نتائج القياسات مع المعطيات المناسبة للمصنع الصانع او مع معطيات القياسات السابقة ؛ وعند انجاز هذه القياسات نستخدم غالبا

الشكل ١٧٤ - مخطط قياس المقاومة :

r - المقاومة المقاسة ، B - منبع التغذية (المدخرة) ، P - قاطع بقطبين ، C - مقاومة قابلة للضبط (ريوستات) ، S - مفتاح تبديل له ثلاثة اوضاع ، A - مقياس امبير ، V - مقياس فولط

الجسر العمومي الموصوف اعلاه ، او نقوم بقياس المقاومة بطريقة مقياس الامبير ومقياس الفولط (الشكل ١٧٤) .

— اختبار الملف بتيار مقوم فلطيته عالية ؛ وفي هذه الاختبارات غالبا ما نستطيع تحديد مكان العطل المخفى لعازل الملف (يظهر الشرر في هذا المكان) ؛ وتستخدم هذه الطريقة ايضا لحرق عازل الملف في ذلك المكان الذي أصبح فيه العازل ضعيفا .

ومن الجدير بالذكر ، انه لتحديد بعض اعطال المحول يمكن ان يحتاج الامر الى اختبارات ما قبل الاصلاح ، المرتبطة بتوصيل الفلطية الى ملفات المحول . وفي مثل هذه الحالات يلزم التأكد من وجود الزيت في المحول ومن جودته الكافية .

ان اختبارات الرقابة المرحلية بعد كل عملية ، هي ضرورية اثناء القيام باصلاح الملفات لتأمين جودة الاصلاح . ويجب لفت الانتباه الرئيسي عند القيام بالرقابة والاختبارات ، نحو التأكد من المتانة الكهربائية لعازل الملف ، لانه كما تبين خبرة الاستثمار ، فان الغالبية العظمى لتعطل المكنات الكهربائية والمحولات تحصل بسبب تضرر العازل بين اللفات في الملف وبين الملف والجسم .

وعند تصنيع الملفات اثناء اصلاح المكنات الكهربائية والمحولات ، نقوم باعمال الرقابة والاختبارات اللازمة عند كل انتقال من عملية تكنولوجية الى اخرى . ويتم فحص ابعاد الوشائع والقطاعات ومقاومتها ، ومقاومة العازل ، والتأكد من انعدام الانقطاعات ، والتماسات الرديئة وقصر الدائرة بين الاسلاك المعزولة عن بعضها ، والتأكد من صحة توصيل عناصر الملف مع بعضها البعض ومع المآخذ او مع صفائح الموحد وغير ذلك . وتعرض عناصر الملف والملف بأكمله عند اجراء الاختبارات لتأثير الفلطيات العالية والتيارات العالية وعدد الدورات المرتفع .

وبما انه ، كما ورد اعلاه ، يعار اهتمام خاص عند الاصلاح الى المتانة الكهربائية لعازل الملف ، فان اجزاء الملف وكذلك الملف بأكمله تتعرض في بعض المراحل الى فلطية عالية . ونقوم بتخفيض فلطيات

الاختبار مقتربين من الفلظية الادنى المسموح بها حسب المعدلات الموافقة ، بشكل يتناسب مع انجاز عمليات تحضير الملف ، ومع اقترابنا من مرحلة الانجاز . ويفسر ذلك بان مقاومة عوازل عناصر الملف يمكن ان تنخفض بعد الانتهاء من تنفيذ العمليات التكنولوجية الدورية ، فاذا لم تنخفض فلظية الاختبار في المراحل اللاحقة ، فان ذلك قد يؤدي الى خرق العازل في تلك اللحظة من انجاز الملف ، عندما يحتاج اصلاح العطل الى اعادة كل الاعمال التي انجزت قبل ذلك .

ويجب ان تكون فلظيات الاختبار بحيث تكشف الاقسام المعطوبة ، ولكن في نفس الوقت لا تلحق الاذى بالقسم السليم من العازل . وفي الجدول ٢٣ على سبيل المثال ترد قيم فلظيات الاختبار اثناء عملية اصلاح ملفات المكثات الكهربائية التي تصل فلظيتها حتى ٥٥٠ فولط .

الجدول ٢٣

فلظيات الاختبار عند اصلاح ملفات المكثات الكهربائية

فلظية الاختبار ، فولط ، عندما تكون الفلظية المقدرة للمكث ، فولط :			موضوع الاختبارات
٥٥٠	٤٠٠	أقل من ٢٣٠	
٢٦٠٠	٢٣٠٠	٢٠٠٠	الوشية المحررة او التي اعيد عزلها بعد وضعها في المجرى واسفنتها ، ولكن قبل توصيل المخطط نفس الشيء ، ولكن بعد توصيل المخطط ولحامه وعزل اماكن اللحام
٢٢٠٠	٢٠٠٠	١٧٠٠	وشية قديمة غير مفكوكة من المجرى
١٨٠٠	١٦٠٠	١٣٠٠	كامل الملف بعد توصيل المخطط ، عند القيام باصلاح جزئي للملف
١٦٨٠	١٤٤٠	١١٠٠	

ملاحظة : مدة الاختبار دقيقة واحدة .

وعند اصلاح الملفات ، تقاس عادة مقاومة عازل عناصر الملف او الملف بكامله ، قبل التشريب والتجفيف وبعده . ويجب ان تكون مقاومة

عازل الملف فى المكنتات الكهربائية العاملة بفلطية تصل حتى ٥٥٠ فولط ،
المقاسة بواسطة مقياس ميغا اوم محسوب على ١٠٠٠ فولط بعد التشريب
والتجفيف ، لا تقل عن : ٣ ميغا اوم فى العضو الساكن بعد اللف الكامل
للملف ، و ٢ ميغا اوم فى العضو الدوار ؛ وبعد اللف الجزئى للملف ١
ميغا اوم فى العضو الساكن ، و ٠,٥ ميغا اوم فى العضو الدوار ، وهذه
القيم ليست معدلات وانما يستحسن اخذها انطلاقا من واقع اصلاح واستثمار
المكنتات الكهربائية التى تم اصلاحها .

تعرض المحولات والمكنتات الكهربائية المصلحة ، عادة لاختبارات ما
بعد الاصلاح . وبما ان المكنتات الكهربائية والمحولات المصلحة التى
تم فيها تبديل الملف ، يجب ان تلبى عمليا نفس المتطلبات الواجب توفرها
فى المكنتات والمحولات الجديدة ، لذا فان اختبارات ما بعد الاصلاح
(اختبارات الاستلام) تجرى حسب برنامج وطريقة اختبارات الرقابة ، التى
تستدركها المقاييس الحكومية الموافقة .

وترد فى البنود اللاحقة لهذا الباب ، المعلومات الاساسية عن برنامج
وطرق القيام باختبارات الرقابة بعد الاصلاح ، لمختلف انواع المكنتات
الكهربائية ومحولات القدرة .

البند ٥٩ - اختبارات الرقابة بعد اصلاح المكنتات الكهربائية (اختبارات الاستلام)

تعرض جميع المكنتات الكهربائية بعد اصلاحها الى الاختبارات حسب
المقاييس المعترف بها .

بعد الاصلاح الشامل (العمره) للمكنة الكهربائية ، واذا لم تتغير قدرتها
وعدد دوراتها ، فانها تتعرض للاختبار حسب برنامج اختبارات الرقابة .
أما اذا تغيرت قدرة المكنة أو عدد دوراتها ، فيطبق عندئذ برنامج الاختبارات
النموذجية . ويبين الجدول ٢٤ حجم الاختبارات اللازمة للمكنة المتزامنة
والمكنتات اللامتزامنة ، وكذلك للمكنتات العاملة بالتيار المستمر .

وبعد الاصلاح المتوسط تجرى الاختبارات فقط حسب البنود ١ ، ٣ ، ٤ ، ٦ فى الجدول ٢٤ ، بحيث ان فلطية اختبار عازل الملف فى داخله ومع الهيكل يجب ان تعادل ٨٥٪ من القيمة المطلوبة حسب المقاييس المعنية .

البند ٦٠ - طرق اجراء بعض الانواع من اختبارات الممكنات الكهربائية

من الضرورى التأكد ، قبل اجراء الاختبارات ، من صلاحية جميع اجهزة القياس التى ستستخدم فيها .

عند اجراء القياسات الكهربائية يجب استخدام اجهزة قياس لا يقل صنف دقتها عن ٠,٥ (ما عدا قياس مقاومة العازل) . ويسمح بقياس القدرة بواسطة مقياس واط ثلاثى الطور دقته من الصنف ١ ، كما يجب انتقاء اجهزة القياس بحيث تقع المقادير المراد قياسها فى حدود من ٢٠ - ٢٥ الى ٩٠ - ٩٥٪ من تدريجات الجهاز .

عند القيام بقياس مقدار ما بعدة أجهزة يجب اخذ القراءات فى آن واحد من جميع الاجهزة ، واخذ هذا الظرف بعين الاعتبار عند توزيع الاجهزة فى مكان العمل .

تقاس عادة مقاومة عوازل الملف بالنسبة للجسم وبين الملفات بمقياس ميغا اوم محسوب على الفلطية الموافقة . وتقاس مقاومة عوازل الملف عمليا فى الحالة الباردة للمكنة ، اى يجب ان لا تختلف درجة حرارة المكنة عن درجة حرارة الوسط المحيط بأكثر من $\pm 3^{\circ} \text{ م}$.

ويجب ان لا تقل مقاومة عوازل الملف عند درجة الحرارة العاملة للمكنة بالنسبة للجسم وبين الملفات ، عن المقدار الذى يتحدد بموجب الصيغة $r = U / (1000 + 0,01 P)$ ، وأن لا تقل عن ٠,٥ ميغاوم ، حيث r - مقاومة العوازل ، ميغاوم ؛ U - الفلطية المقدرة للملف ، فولط ؛ P - القدرة المقدرة للمكنة ، كيلو فولط أمبير .

اذا كانت مقاومة عازل الملف تقاس بدرجة حرارة أقل من الدرجة

انواع اختبارات المكنات الكهربائية

رقم التسلسل	اسم الاختبارات	المكنات اللامتزامنة	المكنات المتزامنة	المكنات العاملة بالتيار المستمر
١	قياس مقاومة عوازل الملفات بالنسبة للهيكل وبين الملفات	ct*	ct	ct
٢	قياس مقاومة الملفات للتيار المستمر في الحالة الباردة عمليا	ct	ct	ct
٣	اختبار عوازل الملفات بالنسبة للهيكل وبين الملفات، على المتانة الكهربائية	ct	ct	ct
٤	اختبار عوازل الملفات بين الملفات على المتانة الكهربائية	ct	ct	ct
٥	الاختبار مع استخدام عدد مرتفع للدورات (عند تبديل ملفات عضو الانتاج والعضو الدوار والاربطة)	ct	ct	ct
٦	ترويض بدون تحميل (فحص درجة حرارة المدارج، والتحرك المحوري للعضو الدوار - بالنسبة للمكنات الحاوية على مدارج انزلاقية، وحالة آلية قصر الدائرة في المحركات الكهربائية ذات العضو الدوار الطوري حيث توجد مثل هذه الآلية)	ct	ct	ct
٧	تحديد شدة التيار والضياعات عند العمل بدون تحميل	ct	—	—
٨	تحديد مواصفات العمل بدون تحميل	—	c, t	t
٩	تحديد تيار تحريض المولد او عدد دورات المحرك عند عمله بدون تحميل	—	—	ct
١٠	تحديد شدة التيار والضياعات عند قصر الدائرة	ct	—	—

* c - هذا الاختبار يدخل ضمن حجم اختبارات الرقابة؛ t - هذا الاختبار يدخل ضمن حجم الاختبارات النموذجية

رقم التسلسل	اسم الاختبارات	المكنات اللامتزامة	المكنات المتزامة	المكنات العاملة بالتيار المستمر
١١	تحديد معامل التحويل (للمحركات ذات العضو الدوار الطوري)	ct	—	—
١٢	اختبار الاحماء	—	—	—
١٣	اختبار على فرط التحميل بالتيار لمدة قصيرة	t	t	—
١٤	تحديد المردود (معامل الكفاية) و $\cos \phi$ ومقدار التزحلق	t	—	—
١٥	تحديد عزم التدوير الاعظمى	t	—	—
١٦	تحديد عزم التدوير الاقل (من اجل المحركات ذات العضو الدوار المقصر على هيئة قفص السنجاب)	t	t	—
١٧	تحديد عزم التدوير عند بدء التشغيل (للمحركات المتزامة واللامتزامة) و تيار بدء التشغيل (للمحركات اللامتزامة ذات العضو الدوار المقصر الدائرة، والمحركات المتزامة)	—	t	—
١٨	تحديد التيار الاسمى للتحريض	—	t	—
١٩	تحديد المردود	—	t	t
٢٠	تحديد التشويه للمنحنى الجيبى للفلطية	—	t	—
٢١	فحص المعطيات الاسمية وفحص التبادل فى الموحد	—	—	ct
٢٢	تحديد المواصفات البيانية الخارجية للمولدات، وتحديد المواصفة العاملة (المتعلقة بالسرعة) للمحركات الكهربائية	—	—	t

العاملة ، فان القيمة الحاصلة بالعلاقة المذكورة اعلاه تضاعف لكل 20° م (كاملة او غير كاملة) بين درجة الحرارة العاملة وبين تلك الدرجة التى ينفذ القياس عندها .

بالنسبة للمكونات الكهربائية المنخفضة الفلطية ، تكون مقاومة عازل الملف ، المحسوبة بموجب الصيغة المذكورة اعلاه ذات قيمة صغيرة ، ولذا في المكونات السليمة تكون مقاومة العازل عمليا أعلى .

وفي المحركات الكهربائية المزودة بعضو دوار طورى تقاس مقاومة العازل بشكل منفصل لملفات العضو الساكن والعضو الدوار . وتقاس مقاومة العازل بشكل منفصل لكل طور بالنسبة للجسم وبين الملفات ، اذا كانت بدايات ونهايات الاطوار المنفصلة للملف ظاهرة للخارج . قياس مقاومة الملفات للتيار المستمر ، ينفذ عادة اما بواسطة جسر القياس او بطريقة مقياس الامبير ومقياس الفولط . وفي هذه الطريقة ينفذ القياس حسب المخطط المبين على الشكل ١٧٤ ، حيث يحدد التيار المار في المقاومة المقاسة بواسطة الريوستات C ، لكي ينحرف مؤشرا مقياس الامبير ومقياس الفولط بما لا يقل عن ٢٠٪ من التدريجات . وعند وصل المخطط او فصله يجب وضع مفتاح التحويل Π في الوضع ١ ، مما يساعد على وقاية مقياس الفولط من ضربات التيار .

وعند قياس المقاومات الصغيرة يجب ان يقع مفتاح التحويل في الوضع ٣. وفي هذه الحالة نجد مقدار المقاومة حسب الصيغة $r = U / (I - U/r_v)$ ، حيث U - الفلطية المقاسة ، فولط ؛ I - قوة التيار المقاسة ، أمبير ؛ r_v - المقاومة الداخلية لمقياس الفولط ، اوم . فتكون المقاومة الداخلية لمقياس الفولط عادة اكثر من المقاومة الصغيرة التى يجرى قياسها بعدة مرات ولذلك فاذا كانت غير معروفة فيمكن اهمال القيمة U/r_v فى هذه الصيغة . عند قياس المقاومات الكبيرة يجب وضع مفتاح التحويل Π فى الوضع ٢ . وفى هذه الحالة نجد مقدار المقاومة حسب الصيغة $r = (U - I_v) / I$ ، حيث r_v - المقاومة الداخلية لمقياس الامبير ، اوم . وبما ان المقاومة الداخلية لمقياس الامبير اقل بكثير من المرات من المقاومة الكبيرة المقاسة ، فانه يمكن اهمال القيمة I/r_v ، اذا لم تكن معلومة . عند اجراء القياس بطريقة مقياس الفولط ومقياس الأمبير يجب تجميع المخطط بحيث يستثنى تأثير التماسات الانتقالية . فمثلا ، عند القياس

بهذه الطريقة لمقاومة الملف في العضو الدوار الطوري ، لا توصل شبكة مقياس الفولط مع الفراشي ، وإنما توصل مباشرة مع حلقات التماس . عند قياس المقاومات تؤخذ القيمة المتوسطة لثلاثة قياسات تجرى الواحد تلو الآخر . ويجب ان لا تختلف نتائج كل قياس عن القيمة المتوسطة بأكثر من $\pm 2\%$. وتجري القياسات الثلاثة عند نفس القيم للتيار التي لا تزيد عن 20% من التيار المقدر للملف .

ويجب ان تثبت بدقة درجة حرارة الملف اثناء قياس المقاومة وبالنسبة للملف الممكنة الكهربائية المفصولة مدة طويلة (للمكنة التي تصل قدرتها حتى ١٠٠ كيلوواط ، لا تقل المدة عن ٨ ساعات) يمكن ان تؤخذ درجة حرارة الملف على أنها تساوى درجة حرارة الوسط الخارجى ، المحسوبة كمتوسط حسابى لقيم درجات الحرارة في ٣ - ٤ نقاط حول الممكنة . وفى باقى الحالات تقاس درجة حرارة الملف بمقياس الحرارة الذى يوضع داخل الملف ، بما لا يزيد عن ٣٠ دقيقة قبل بدء القياسات .

ومن المعتمد اعادة حساب المقاومات الى الدرجة $+15^\circ\text{م}$. وبالنسبة للملف النحاسى تجرى اعادة الحساب بموجب الصيغة : $r_{15} = r \cdot 250 / (235 + t)$ اما اذا كان الملف نحاسيا فان الصيغة تصبح كما يلي : $r_{15} = r \cdot 260 / (245 + t)$ حيث ان r_{15} - المقاومة المحولة الى 15°م ، أوم ؛ r - المقاومة المقاسة ، أوم ؛ t - درجة حرارة الملف عند القياس ، $^\circ\text{م}$.

تحديد معامل التحويل فى المحرك الكهربائى ذى العضو الدوار الطوري :

يتم التحديد حسب الصيغة : $C_t = U_{s.f} / U_{r.f}$ حيث $U_{s.f}$ - الفلطية الطورية لملف العضو الساكن ، فولط ؛ $U_{r.f}$ - الفلطية الطورية لملف العضو الدوار ، فولط .

قبل بدء الاختبارات يفصل الريوستات الخاص بالاقلاع عن ملف العضو الدوار ، وتفصل دائرة الملف . ثم يوصل ملف العضو الساكن بفلطية قريبة من الفلطية المقدرة (من أجل الممكنات العاملة بفلطية أقل من ٥٠٠ فولط) . وتقاس ثلاث فلطيات خطية على مآخذ العضو الساكن وتحسب القيمة المتوسطة U_m ، ثم تقاس ثلاث فلطيات بين حلقات التماس فى

العضو الدوار وكذلك تحسب القيمة المتوسطة U_r . فاذا كان ملف العضو الساكن موصولا بشكل نجمة ، فان $U_{s.f} = U_m / \sqrt{3}$. وبطريقة مشابهة نجد أيضا الفلطية الطورية لملف العضو الدوار .

ان اختبار المتانة الكهربائية لعوازل الملفات بالنسبة لجسم الممكنة وبين الملفات يجرى على الممكنة غير المتحركة ، وعمليا في حالتها الباردة . وينفذ هذا الاختبار عادة بعد الاختبار المتعلق بتحديد شدة التيار وضياعات قصر الدائرة وبعد الاختبار على الاحماء (اذا أمكن تنفيذه) ، اما في الممكنات العاملة بالتيار المستمر فينفذ هذا الاختبار بعد الاختبار بعدد الدورات الكبير ، وبعد فحص التوصيلات أثناء التحميل القصير الامد بالتيار . ولاختبار المتانة الكهربائية للعازل تستخدم فلطية اختبارية متناوبة بتردد قدره ٥٠ هرتز . ويبين الجدول ٢٥ فلطيات الاختبار لمختلف أنواع الملفات في الممكنات الكهربائية .

يجب ان تكون فلطية الاختبار عمليا بشكل جيبي . ويبدأ الاختبار من فلطية الاختبار التي لا تزيد ٣٥٪ عما ورد في الجدول ٢٥ ، بحيث تصل الفلطية الى قيمتها الكاملة بشكل انسيابي او تدريجي بمعدل ٥ - ١٠٪ خلال ١٠ - ١٥ ثانية. ويجب ان لا يقل زمن الفلطية الاختبارية الكاملة عن دقيقة واحدة ، وخلال هذا الزمن يجب عدم ملاحظة الضربات الفجائية على مؤشر مقياس الفولط الذى يقيس الفلطية المطبقة ، وعدم ملاحظة الطقطقة والتفريغ المتزلق ، وكذلك عدم ملاحظة التغير الشديد للتيار المستهلك . وبعد انتهاء الاختبار تخفض الفلطية تدريجيا (حتى ٣٥٪ من الفلطية الاختبارية الكاملة) ثم تفصل .

وفي تلك الحالات التى يستخدم فيها قسم من الملف مرة ثانية لاصلاح الممكنة الكهربائية تخفض فلطية الاختبار للملف بكامله بمقدار ٢٥٪ بالمقارنة مع القيم الواردة فى الجدول ٢٥ .

فى الملفات الثلاثية الاطوار الحاوية تكون بدايات اطوارها ونهاياتها بشكل مآخذ خارجية ، تتعرض للاختبار عوازل كل طور بحيث يكون الطوران الباقيان موصولين مع الهيكل المؤرض . أما اذا كانت بدايات

الفلطيات عند اختبار المتانة الكهربائية لعوازل الملفات

أنواع المكنات الكهربائية أو أقسامها	فلطيات الاختبار، كيلوفولط
مكنات قدرتها أقل من ١ كيلوواط (١ كيلوفولط أمبير) عندما تكون الفلطة المقدرة U_n أقل من ٠,١ كيلوفولط	$0,8 (U_n + 0,5)$
مكنات قدرتها من ١ كيلوواط (١ كيلوفولط أمبير) وأكثر، عندما تكون الفلطة المقدرة U_n أقل من ١٠٠ فولط	$0,8 (2 U_n + 1)$
مكنات قدرتها أقل من ١٠٠٠ كيلوواط، عندما تكون الفلطة المقدرة U_n أعلى من ٠,١ كيلوفولط	$0,8 (2 U_n + 1)$
ملفات التحريض في المولدات والمحركات المتزامنة	بحيث لا تقل عن ١,٢
محركات المولدات المتزامنة	ثمانية أضعاف الفلطة المقدرة للتحريض، غير أنه يجب أن لا تقل عن ١,٢ وأن لا تزيد عن ٢,٨ نفس الشيء
ملفات الأعضاء الدوارة الطورية للمحركات الكهربائية	$1,5 U_r - U_r$ الفلطة على حلقات التماس عندما يكون العضو الدوار الثابت مفصلاً، وعندما يكون العضو الساكن معرضاً للفلطة الكاملة)، ولكن ليس أقل من ١

ملاحظة: جاءت في الجدول القيم الفعلية للفلطة .

الاطوار ونهاياتها غير ذلك ، فيتم اختبار عازل الملف الثلاثي الاطوار بكامله بالنسبة للجسم المؤرض .

تفحص في المكنات العاملة بالتيار المستمر ، بشكل منفصل عوازل شبكة عضو الانتاج سوية مع الملف المتسلسل للتحريض ، ومع ملف الأقطاب الإضافية وملف التعويض . أما ملف التحريض المتوازي فيعتبر ملفاً منفصلاً وتفحص متانة عازله بشكل منفصل .

سبق وأن ورد وصف احد مخططات الاجهزة لاختبار عازل الملف بالفلطة العالية .

يجب تأمين الامن العام للعاملين في جميع اختبارات المتانة الكهربائية للملفات بالفلطية العالية . ويجب وضع الممكنات الجارى اختبارها في حجرة محاطة على قاعدة مؤرصة. ويجب ارتاج باب الحجرة وارضيتها بتماسات موصولة في مخطط وحدة الاختبار بحيث تستثنى امكانية التغذية بالفلطية العالية في حال وجود شخص داخل الحجرة .

ان اختبار متانة العازل بين اللفات لدى المحركات الكهربائية اللامتزامة ذات العضو الدوار المقصر ، ولدى المولدات المتزامة والمحركات الكهربائية العاملة بالتيار المستمر ، يجرى على المكنة بدون تحميل (بحيث تجرى في المحركات العاملة بالتيار المستمر ، عند أكبر عدد دورات قابلة للضبط) . ويجرى الاختبار عادة عن طريق رفع الفلطية المعطاة (بالنسبة للمحركات) او الفلطية المولدة (بالنسبة للمولدات) بمقدار ٣٠٪ اعلى من الفلطية المقدرة . غير انه بالنسبة للممكنات العاملة بالتيار المستمر والحاوية على عدد من الاقطاب أكثر من اربعة ، يجب ان لا تزيد فلطية الاختبار أكثر من القيمة التي تكون عندها الفلطية المتوسطة بين صفائح التوحيد تعادل ٢٤ فولط . ويجرى اختبار المولدات المتزامة بفلطية موافقة لتيار التحريض في نظام العمل المقدر ، ولكن بحيث تزيد بما لا يقل عن ٣٠٪ من الفلطية المقدرة .

يسمح لدى الممكنات العاملة بالتيار المتناوب في حال زيادة الفلطية بزيادة عدد الدورات أيضا في آن واحد ، ولكن بما لا يزيد عن ١٥٪ من الفلطية المقدرة . وتفحص متانة العازل بين اللفات في الممكنات العاملة بالتيار المستمر بعد اجراء الاختبار بعدد دورات كبيرة .

تدوم مدة الاختبار ٥ دقائق . ويجب خلال هذه الفترة عدم خرق العازل بين اللفات (تغير مفاجئ للتيار المستهلك او الفلطية المعطاة ، والطققة ، والتسخين غير الطبيعي لبعض الوشائع واللفات ، وظهور الدخان ، ودوران العضو الدوار المنفصل الدائرة وغير ذلك) .

يستخدم عادة منظم الجهد لتغذية مخطط الاختبار للعازل الكائن بين لفات الملفات .

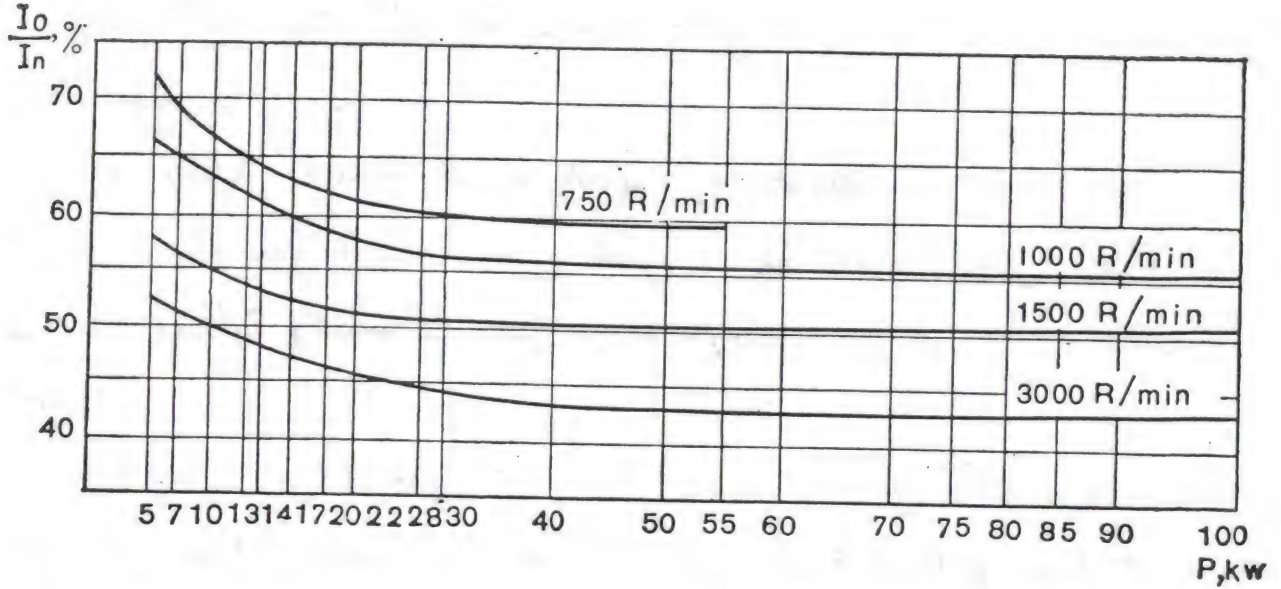
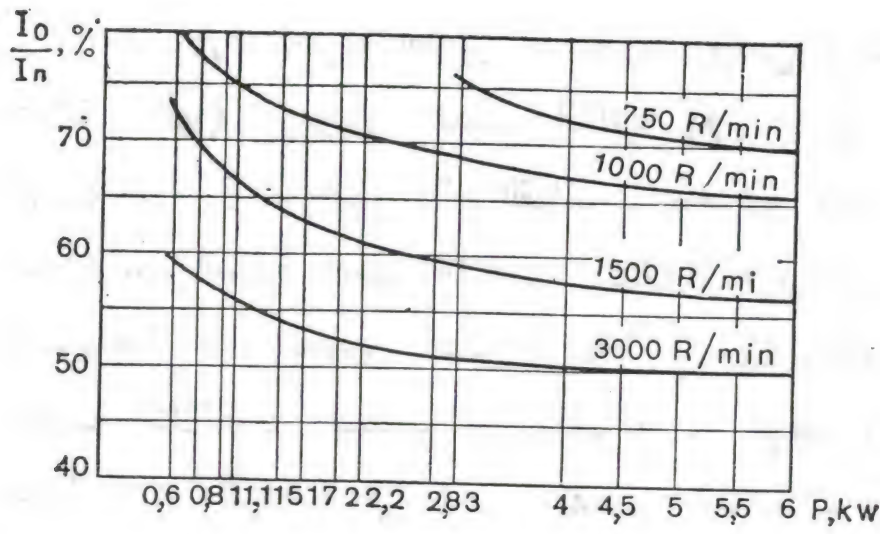
ان تحديد شدة التيار والضياعات الناجمة عن عمل المكنة بدون التحميل ،

لدى المحرك اللامتزامن يتم بالفلطية المقدرة وعدد الدورات المقدر . ويغذى العضو الساكن للمحرك الكهربائي بفلطية جيبيية ثلاثية الاطوار ومتماثلة ، وتعتبر الفلطية الثلاثية الاطوار متناظرة (متماثلة) عمليا ، اذا كانت المقادير المقاسة لثلاث فلطيات خطية فى المنظومة الثلاثية الاطوار تختلف عن قيمتها المتوسطة بما لا يزيد عن ٤,٥٪ .

تقاس اثناء الاختبار فلطيات التغذية الخطية بين كل الاطوار الثلاثة ، وتقاس القدرة المستهلكة وشدة التيار فى الاطوار الثلاثة ، ويحسب كذلك معامل القدرة . وتقاس القدرة عادة بواسطة مقياس الواط ، وتبعا لقدرة المحرك الكهربائي توصل مقاييس الامبير وشبكات التيار لمقاييس الواط اما عن طريق محولات التيار أو بشكل مباشر . ويحسب معامل القدرة $(\cos \varphi_0)$ بموجب الصيغة التالية : $\cos \varphi_0 = P_0 / (\sqrt{3} U_0 I_0)$ حيث P_0 - القدرة المستهلكة . واط ؛ U_0 - المتوسط الحسابى للفلطية حسب مدلول مقاييس الفولط الثلاثة ، الموصولة بين الاسلاك الخطية لتغذية الملف الثلاثى الاطوار ، فولط ؛ I_0 - المتوسط الحسابى لشدة التيار حسب مدلول مقاييس الامبير الثلاثة التى تقيس شدة التيار فى الاسلاك الخطية ، أمبير .

قبل اختبار عمل المحرك دون تحميل ، لا بد من ترويضه وتشغيله دون حمولة لمدة لا تقل عن ١٥ دقيقة اذا كانت قدرة الممكنة أقل من ١٠ كيلوواط ، ولمدة لا تقل عن ٣٠ دقيقة اذا كانت قدرة الممكنة من ١٠ الى ١٠٠ كيلوواط ، ولمدة لا تقل عن ٧٥ دقيقة اذا كانت قدرة الممكنة اكبر من ١٠٠ كيلوواط .

لا تحوى المقاييس الحكومية معدلات لشدة تيار العمل بدون تحميل بالنسبة للمحركات الكهربائية الثلاثية الاطوار ، غير ان الخبرة العملية تبين ان هذه التيارات يجب ان لا تزيد عن القيم المبينة على الشكل ١٧٥ ، كما يجب ان لا يزيد عدم انتظام شدة التيار فى الاطوار اثناء العمل بدون تحميل عن $\pm ٤,٥\%$ من قيمتها المتوسطة . وعند اختبار عمل المحرك بدون تحميل يجب أن لا يختلف تردد شبكة التغذية عن القيمة المقدرة باكثر من $\pm ١\%$.



الشكل ١٧٥ - منحنيات القيم الحدية لنسبة تيار العمل دون التحميل الى التيار المقدر للمحركات الكهربائية التي تقل استطاعتها عن ١٠٠ كيلوواط :

I_0 - تيار عدم التحميل ، I_{nom} - التيار المقدر ، P - قدرة المحرك الكهربائي

يتحدد التيار والضياعات الناجمة عن قصر الدائرة في المحرك الكهربائي اللامتزامن ، بموجب معطيات تجربة تقصير الدائرة . وعند اجراء تجربة تقصير الدائرة يفرمل العضو الدوار للمحرك ، ويقصر الملف الطوري للعضو الدوار (لدى المحركات ذات العضو الدوار الطوري) ، وتوصل الى ملف العضو الساكن فلطية مخفضة ثلاثية الاطوار وجيبيه متناظرة ، ترددها حسب القيمة المقدرة . وان الفلطة المخفضة التي تعطى اثناء تجربة تقصير الدائرة الى ملف العضو الساكن في المحرك ، تتعلق بالفلطة المقدرة وبقدرة المكنة ، وهي تعادل عادة ٢٥٪ من الفلطة المقدرة .

عند اجراء تجربة تقصير الدائرة يتم قياس الفلطية الموصولة (فى الاطوار الثلاثة كلها) ، وتيار تقصير الدائرة (فى جميع الاطوار الثلاثة) والقدرة المستهلكة . وبموجب نتائج القياسات يجرى تحديد معامل القدرة ($\cos \varphi_k$) عند تقصير الدائرة حسب العلاقة : $\cos \varphi_k = P_k / (\sqrt{3} U_k I_k)$ حيث P_k - القدرة المستهلكة عند تقصير الدائرة ، واط ؛ U_k - المتوسط الحسابى للفلطيات الخطية الثلاثة ، المقاسة فى التجربة ، فولط ؛ I_k - المتوسط الحسابى لشدة التيار المقاسة فى تجربة تقصير الدائرة ، أمبير .
وعند القيام بهذه التجربة يستخدم منظم الجهد او محول تضبط فلطيته بصفة منبع تغذية .

يتم اختبار احماء المكنة الكهربائية المخصصة لنظام العمل لفترة طويلة ، بالحمولة المقدرة وحتى تصل درجة الحرارة لبعض اجزاء المكنة الى قيمة مستقرة (عندما لا تتغير درجة حرارتها اكثر من 1°C خلال ساعة واحدة) .

ولاختصار زمن الاختبارات ، اذا كانت تبدأ على مكنة باردة عمليا ، تعطى فى البداية حمولة $110 - 120\%$ من القدرة المقدرة لمدة $15 - 20$ دقيقة . ويراقب سير تسخين المكنة اثناء القيام بالاختبارات بواسطة مقاييس الحرارة (بالمزدوجات الحرارية ، وبالمقاومات الحرارية) التى تطبق على سطوح المكنة المجمعة . واذا وضعت مقاييس الحرارة فى الاماكن التى توجد فيها مجالات مغناطيسية متغيرة ، فانه يجدر بنا استخدام موازين حرارة كحولية ، وذلك لانه تتولد فى الزيت عندئذ تيارات دوامية ، تعمل بدورها على تسخين الزيت ويعطى ميزان الحرارة نتائج مشوهة للقياسات . وعند وضع مقاييس الحرارة تؤخذ الاجراءات اللازمة لتحسين تماس قسمه الحساس مع السطح الذى تقاس عليه درجة الحرارة ، ولهذا الغرض تستخدم رقائق الالومنيوم ، ويحمى مكان التماس من التبرد بواسطة القطن أو اللباد وغير ذلك .

عند القيام بالاختبارات على الاحماء تكون المسألة الاساسية تحديد القيمة التى تستقر لارتفاع درجة حرارة الاقسام الفعالة بالنسبة للوسط المحيط . وتقاس درجة حرارة الوسط المحيط حول المكنات التى تبرد بالهواء ، بعدة

مقاييس حرارة توضع فى عدة نقاط حول المكنة على ارتفاع يعادل نصف ارتفاع المكنة ، وعلى مسافة ١ - ٢ م عنها . وعندئذ تؤخذ الاجراءات لحماية مقاييس الحرارة من تيارات الهواء العرضية ، ومن أشعة الشمس المباشرة والتأثيرات المشابهة الاخرى ، التى يمكن ان تشوه نتائج القياسات . وتؤخذ درجة حرارة الوسط المحيط (الهواء الذى يبرد المكنة) كمتوسط حسابى لقيمة مدلولات مقاييس الحرارة .

ان مدة الاختبارات على الاحماء، اى الزمن اللازم للوصول عمليا الى درجة الحرارة المستقرة ، تتعلق بقدرة المكنة (ابعادها) وعدد دوراتها : فكلما كانت المكنة أكبر ، كلما احتاج الامر الى وقت أكبر مع تساوى الظروف الاخرى ، والعكس بالعكس كلما كانت المكنة اسرع ، يكون الوصول الى درجة الحرارة المستقرة أسرع . ويمكن تقدير الوقت اللازم للوصول الى درجة الحرارة المستقرة للمكنة ، بشكل تقريبي ، بموجب نسبة مقدار القدرة الاسمية P_n (فولط . أمبير) الى عدد الدورات الاسمى للمكنة n_n (دورة/دقيقة) . فمثلا ، اذا كانت النسبة P_n/n_n لا تزيد عن ١٠ ، فان مدة الاختبارات على التسخين تعادل ما لا يزيد عن ساعتين ، واذا كانت النسبة من ١٠ الى ٣٠ ، فان المدة لا تزيد عن ٣ ساعات ، واذا كانت النسبة من ٣٠ الى ١٠٠ فان المدة لا تزيد عن ٤ ساعات ، واذا كانت النسبة من ١٠٠ الى ٢٠٠ فان المدة لا تزيد عن ٥ ساعات ، واذا كانت المدة من ٢٠٠ الى ٣٠٠ فان المدة لا تزيد عن ٦ ساعات ، وهكذا . ويبين الجدول ٢٦ القيم القصوى للارتفاع المسموح به لدرجة حرارة مختلف الاقسام الفعالة للمكنة الكهربائية فوق درجة حرارة الوسط المحيط تبعا لصنف العازل ولطريقة القياس .

يقاس عادة ارتفاع درجة حرارة ملفات العضو الساكن للمحرك الكهربائى اللامتزامن والمولد المتزامن ، وكذلك ملفات العضو الدوار الطورى وملفات اعضاء الانتاج فى المكنة ذات الموحد ، بطريقة المقاومة ، اما ارتفاع درجة حرارة الاربطة السلكية الفولاذية وحلقات التماس فيقاس بمقاييس حرارة فى نهاية الاختبار على الاحماء بعد توقف المكنة .

ويقاس ارتفاع درجة حرارة ملف التحريض على الممكنة الدوارة بطريقة المقاومة خلال كل مدة الاختبار على الاحماء وبعد مضي كل ٢٠ - ٣٠ دقيقة .

وتقاس أثناء اجراء الاختبارات على الاحماء ، كذلك درجة حرارة المدارج ، التي يجب ان لا تزيد عن ٨٠° م في المدارج الانزلاقية ، وان لا تزيد عن ١٠٠° م في المدارج التدرجية .

عند استخدام طريقة المقاومة يتم تحديد درجة حرارة الملف بموجب تغير مقاومته للتيار المستمر بالمقارنة مع هذه القيمة المقاسة على الممكنة الباردة عمليا . وفي هذه الحالة تستخدم العلاقة التالية :

$$\tau_{hot} = \frac{r_{hot} - r_{col}}{r_{col}} (235 + \theta_{col}) + \theta_{col} - \theta_{sur}$$

حيث r_{hot} - الارتفاع الجارى البحث عنه لدرجة حرارة الملف ، ° م ؛
 r_{col} - المقاومة المقاسة للملف الساخن ، اوم ؛ r_{col} - مقاومة الملف في الحالة الباردة عمليا ، اوم ؛ θ_{col} - درجة حرارة الملف البارد عمليا ، ° م ؛
 θ_{sur} - درجة حرارة الوسط المحيط ، ° م .

اذا كان الملف مصنوعا من الالومنيوم ، تستخدم نفس الصيغة ولكن الرقم ٢٣٥ فيها يستبدل بالرقم ٢٤٥ .

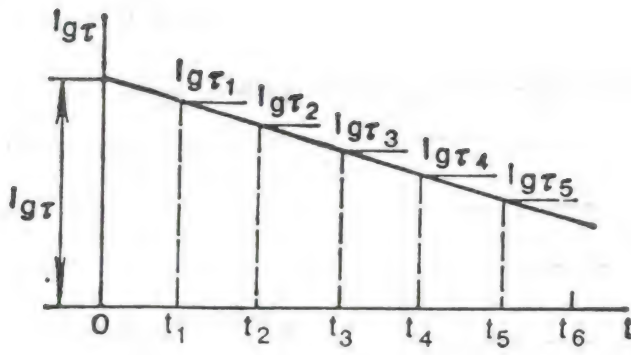
مع العلم بان طريقة المقاومة تستخدم لتقدير القيمة المتوسطة لارتفاع درجة حرارة الملف على الوسط المحيط . و تسمح هذه الطريقة باستبيان اماكن الاحماء المفرط في الملف اذا وجدت .

وفي تلك الحالات التي تجرى فيها الاختبارات على الاحماء وتقاس درجة الحرارة على الممكنة المتوقفة بعد انتهاء الاختبار ، من الضروري السعى الى تنفيذ عملية القياس بما لا يزيد عن ١٥ - ٢٠ ثانية بعد فصل الممكنة .
 أما اذا استحال ذلك فيتم تقدير درجة الحرارة في لحظة فصل الممكنة ، بموجب منحنى التبريد . ولرسم مثل هذا المنحنى يقاس ارتفاع درجة الحرارة بعد فصل الممكنة ، في الوحدات المعنية (مثلا ملف العضو الساكن بطريقة المقاومة) من ٥ الى ٦ مرات خلال فترات زمنية معينة . ويبين الشكل ١٧٦

القيم القصوى للارتفاع المسموح لدرجة حرارة بعض اجزاء المكنات الكهربائية

صنف المواد العازلة								اجزاء المكنات الكهربائية
عند اجراء القياس بطريقة								
مقياس الحرارة	المقاومة	مقياس الحرارة	المقاومة	مقياس الحرارة	المقاومة	مقياس الحرارة	المقاومة	
٥٠	٦٠	٦٥	٧٥	٧٠	٨٠	٨٥	١٠٠	ملف العضو الساكن، وكذلك ملف العضو الدوار (عند وجود عدة لفات في المجرى) في المكنة اللامتزامنة؛ ملف العضو الساكن للمكنة المتزامنة
٦٥	٦٥	٨٠	٨٠	٩٠	٩٠	١١٠	١١٠	الملف القضيبى للعضو الدوار في المكنة اللامتزامنة
٥٠	٦٠	٧٥	٧٥	٧٠	٨٠	٨٥	١٠٠	ملف عضو الانتاج، توصيلات مع الموحد، وكذلك ملف تحريض المكنة العاملة بالتيار المستمر والمتناوب (ما عدا العناصر الواردة في البندين اللاحقين)
٦٥	٦٥	٨٠	٨٠	٩٠	٩٠	١١٠	١١٠	ملف التحريض أحادى الصف، ذو السطوح العارية
٦٠	٦٠	٧٥	٧٥	٨٠	٨٠	١٠٠	١٠٠	ملف التعويض
٦٠	—	٧٠	—	٨٠	—	٩٠	—	الموحدات وحلقات التماس
٦٠	—	٧٥	—	٨٠	—	٩٠	—	القلوب والاجزاء الفولاذية الاخرى المتلامسة مع الملفات

ملاحظات: ١ - يسمح بزيادة ٥° م للارتفاع الاقصى المسموح به لدرجة حرارة الملف في البنود الاربعة الاولى للجدول، والمقاسة بطريقة المقاومة، للمكنات المنغلقة التي لا تزيد فلطيتها عن ١٥٠٠ فولط؛ ٢ - بالنسبة لأقسام المكنات التي صنعت قبل عام ١٩٦٦ يمكن زيادة ٥° م للارتفاع الاقصى المسموح به لدرجة الحرارة، على شرط ان درجة حرارة الهواء المحيط لا تزيد على ٣٥° م؛ ٣ - اذا كانت درجة حرارة الهواء المبرد أقل من + ٤٠° م يمكن زيادة الارتفاع الاقصى المسموح به لدرجة الحرارة في هذا الجدول طبقا للفرق بين + ٤٠ ودرجة حرارة هواء التبريد، ولكن على ان لا يزيد عن ١٠° م.



الشكل ١٧٦ - منحنى تبريد المكنة الكهربائية
(في الاحداثيات النصف لوغاريتمية)

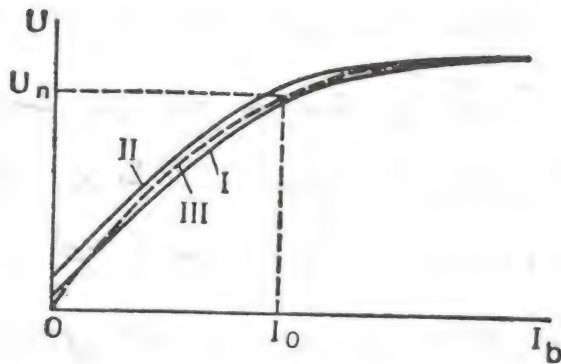
انشاء منحنى التبريد للمكنة
الكهربائية في الاحداثيات النصف
لوغاريتمية . وهنا توضع على
محور السينات أزمنة كل قياس
بعد فصل المكنة t_1 ، t_2 ، t_3
وهكذا ، وعلى محور الصادات
(العينات) توضع لوغاريتمات
الاعداد الموافقة لارتفاع درجة

الحرارة $lg t_1$ ، $lg t_2$ ، وهكذا . ويمدد منحنى التبريد الحاصل حتى
التقاطع مع محور الصادات ، وعند هذا التقاطع نجد لوغاريتم العدد
الموافق لارتفاع درجة الحرارة لحظة توقف المحرك ، وبموجب اللوغاريتم
نجد العدد نفسه . وان استخدام لوغاريتمات الاعداد الدالة على ارتفاع
درجة الحرارة بدلا من القيم ذاتها عند انشاء هذا المنحنى ، يزيد من دقة
الرسم ، لان المنحنى الحاصل في هذه الحالة قريب جدا من الخط
المستقيم .

اذا حصل بعد فصل المكنة ان ارتفعت درجة حرارة بعض الاجزاء
اولا ثم اخذت بالتناقص ، تؤخذ أكبر القيم المقاسة كدرجة حرارة الفصل .
اثناء الاختبارات على الاحماء تقاس خلال فترات زمنية قصيرة (لا تقل
عن كل ٣٠ دقيقة) بشكل دورى القدرة المستهلكة (للمحرك) او القدرة
المتولدة (للمولد) ، والفلطية الخطية ، وشدة التيار في الاطوار ، ومعامل القدرة
وعدد الدورات ، وكذلك تقاس درجات حرارة اقسام المكنة والهواء المحيط .
تستخدم وسائط مختلفة للفرملة ، لتوليد الحمولة اللازمة على عمود
المحرك الكهربائي الجارى اختباره . وقد جرى الحديث سابقا عن الفرملة
الكهروميسية . وتستخدم احيانا لهذا الغرض حمولة التهوية التى تولدها
المروحة المركبة على العمود ، وتكون ريش المروحة بزاوية ميل يمكن ضبطها .
وعند اختبار المولدات على الاحماء تستخدم عادة المقاومات المتغيرة
لتوليد الحمولة .

ان مواصفات العمل بدون تحميل للمولد المتزامن هي عبارة عن العلاقة بين الفلطية الخطية U_0 التي تولدها المكنة عند عملها بدون تحميل ، وبين تيار التحريض I_B .

لأخذ مواصفة المولد يدار المولد بعدد الدورات المقدر ، وتبدأ التجربة من قياس الفلطية الخطية اثناء العمل بدون تحميل ، وعند القيمة الصفرية لتيار التحريض . ومن ثم توصل دائرة تحريض المولد وتجرى زيادة تدريجية لتيار التحريض بمساعدة الريوستات ، حتى يصل الى قيمة تكون معها فلطية العمل بدون تحميل تزيد بمقدار ١٠ - ١٥٪ عن الفلطية المقدرة . وفي كل درجة (عدد الدرجات عادة من ٧ الى ٨) يقاس تيار التحريض I_b وثلاث قيم للفلطيات الخطية (بين مآخذ الاطوار) . وتحدد الفلطية الخطية في الدرجة المعنية كوسط حسابي للفلطيات الخطية الثلاثة التي تم قياسها . وبموجب القيم U_0 المحسوبة وقيم I_b المقاسة ننشئ الفرع الصاعد لمواصفة العمل بدون تحميل (الشكل ١٧٧ ، المنحنى I) .



وبعد ذلك ، نخفض تيار التحريض تدريجيا وعلى مراحل حتى يصل الى الصفر . وفي كل من ٧ - ٨ مراحل نقوم بقياس تيار التحريض والفلطيات الخطية الثلاثة للمولد، بحيث نحدد القيمة U_0 كوسط حسابي لمعطيات القياس . ومن ثم ننشئ الفرع النازل لمواصفة عمل المولد بدون تحميل

الشكل ١٧٧ - تحديد المعطيات لعمل المواد المتزامن دون التحميل :
I - فرع صاعد ، II - فرع متناقص ،
III معطيات العمل دون التحميل

(المنحنى II) ، الذي يقع اعلى من الفرع الصاعد . ويعتمد المنحنى III (يبين على الشكل بخط متقطع) على انه يمثل المواصفة الفعلية لعمل المولد بدون تحميل ، وهو يقع بين الفرعين النازل والصاعد ، ويمر عبر صفر المخطط البياني .

وعند كل مرة لأخذ مدلولات اجهزة القياس ، يقاس ايضا عدد دورات

المولد ، فاذا اختلف عن القيمة المقدرة نقوم بتصحيح الفلطية المحددة U_0 للعمل بدون تحميل ، وذلك بضرب U_0 على النسبة n/n_1 ، حيث $n -$ عدد الدورات المقدر ، $n_1 -$ عدد الدورات المقاس .

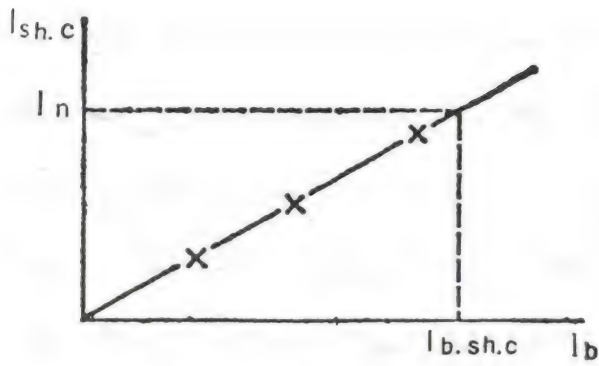
وتحدد على المواصفة البيانية للعمل بدون تحميل نقطة موافقة للفلطية المقدرة للمولد ، ونجد تيار التحريض الذى تعادل عنده فلطية المولد العامل بدون تحميل ، التيار المقدر .

وبموجب نتائج قياس الفلطيات الخطية عند العمل بدون تحميل ، يمكن الحكم على تناظر منظومة الفلطيات الثلاثية الاطوار ، التى يولدها المولد . وتعتبر هذه المنظومة عمليا متماثلة ، اذا كانت اية فلطية خطية تختلف عن قيمتها المتوسطة بما لا يزيد عن $\pm 4,5\%$.

ان المواصفة البيانية لتقصير دائرة المولد المتزامن الثلاثى الاطوار هى عبارة عن العلاقة بين التيار الخطى $I_{s.c}$ عند تقصير دائرة الاطوار الثلاثة للمولد ، وبين تيار التحريض I_b .

ولرسم هذه المواصفة البيانية تقصر اطوار المولد الثلاثة ويدار المولد بعدد الدورات القريب من القيمة المقدرة . ويجب ان تكون الوصلة المقصورة موصولة بشكل مضمون ، ويجب اختيار مقطعها بحيث لا تزيد كثافة التيار فيها عن ٣ أمبير/مم^٢ ، عند مرور تيار قصر الدائرة المساوى للتيار المقدر . ويوصل مقياس أمبير فى دائرة كل مأخذ خطى لملف العضو الساكن عبر محول التيار ، بحيث تكون محولات التيار الثلاثة ومقاييس الامبير الثلاثة متشابهة .

يحدد تيار التحريض فى دائرة التحريض بواسطة الريوستات ، بحيث يكون معه تيار قصر الدائرة يعادل ٣٠ - ٣٥٪ من التيار المقدر للمولد . ويقاس فى نفس الوقت تيار التحريض I_b وثلاث قيم للتيار فى المأخذ الخطية لملف العضو الساكن . ومع تغيير التيار فى دائرة التحريض بواسطة الريوستات ، نجعل تيار قصر الدائرة ، على ٣ - ٤ مراحل ، يصل الى ٨٠ - ٩٠٪ من التيار المقدر لملف العضو الساكن للمولد ، وذلك بتغيير تيارات قصر الدائرة وتيار التحريض فى كل مرة . ويحدد تيار قصر الدائرة فى



الشكل ١٧٨ - مواصفة قصر الدائرة

كل مرحلة كمتوسط حسابي للقيم المقاسة الثلاثة للتيارات في المآخذ الخطية لملف العضو الساكن . وبموجب المعطيات الحاصلة ننشئ المواصفة البيانية لقصر الدائرة (الشكل ١٧٨) ، التي تكون عادة

على هيئة خط مستقيم مار عبر صفر الخط البياني . ولذا يكفي أخذ القياسات في ٣ - ٤ نقاط لإنشاء المواصفة البيانية الكاملة لتقصير دائرة الاطوار الثلاثة . لا يقاس عادة عدد دورات المولد عند انشاء هذه المواصفة البيانية ، لأن تغيير عدد دورات المولد في حدود $\pm 20\%$ من القيمة المقدرة لا يؤثر عمليا على قيمة تيار قصر الدائرة ، لان هذا التيار يتناسب طرذا مع القوة الدافعة الكهربائية ، ويتناسب عكسا مع المقاومة الحثية للمولد ، وكلاهما يتغير بشكل مشابه عند تغير عدد الدورات . ويجرى تعليم النقطة الموافقة للتيار الاسمي للمولد على المواصفة البيانية لقصر الدائرة ، ويتم العثور على تيار التحريض الذي يكون من اجله تيار قصر الدائرة في الاطوار الثلاثة لملف العضو الساكن مساويا للتيار المقدر .

ويمكن الحكم بموجب نتائج القياسات الجارية في هذه الاختبارات على تماثل المنظومة الثلاثية الاطوار لتيارات المولد . وتعتبر هذه المنظومة متماثلة عمليا اذا كان اى من التيارات الخطية الثلاثة للمولد يختلف عن قيمته المتوسطة بما لا يزيد عن 4.5% .

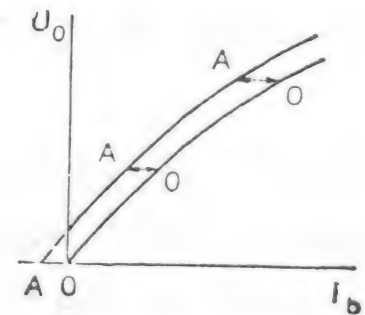
يجرى اختبار عمل مكنة التيار المستمر بالعدد الكبير من الدورات عن طريق زيادة عدد دوراتها بمقدار 20% اكثر من عددها المقدر . ويجب ان تتحمل المكنة عدد الدورات المرتفع لمدة دقيقتين دون اى تضرر او تشوهات متبقية .

وبعد اختبار المكنة بعدد الدورات المرتفع ، يتم اختبار المتانة الكهربائية للعازل ما بين اللفات في ملف عضو الانتاج .

يجرى تحديد المواصفة البيانية لعمل مكنة التيار المستمر بدون تحميل ، عند عمل المولد بدون تحميل . وهى عبارة عن العلاقة بين الفلطية U_0 فى عضو الانتاج العامل بدون تحميل ، وبين تيار التحريض I_b ، عند عدد الدورات المقدر للمكنة . ويتم اجراء التجارب لانشاء هذه المواصفة البيانية عادة بعد اختبار المتانة الكهربائية لعازل ما بين اللفات فى ملف عضو الانتاج . اذا استحال الحفاظ على ثبات عدد الدورات المساوى للعدد المقدر اثناء الاختبارات ، فاننا نقوم بقياس عدد دورات عضو الانتاج (بعدد الدورات) فى نفس الوقت الذى نقيس فيه تيار التحريض والفلطية الموافقة له عند العمل بدون تحميل . واذا اختلف عدد الدورات عن قيمته المقدره ندخل تصحيحا فى نتائج الفلطية المقاسة بموجب الصيغة $U_0 = Un_n/n$ ، حيث U_0 - فلطية عمل عضو الانتاج بعد التصحيح الناجم عن عدد الدورات ، فولط ؛ U - الفلطية المقاسة لعضو الانتاج عند العمل بدون تحميل ، فولط ؛ n_n - عدد الدورات المقدر ، دورة/دقيقة ؛ n - عدد الدورات المقاس ، دورة/دقيقة .

يبدأ أخذ المعطيات لرسم المواصفة البيانية من أكبر قيمة لتيار التحريض ، ثم يخفض على ٥ - ٦ مراحل تدريجيا حتى يصل فى نهاية الاختبار الى قيمة الصفر . وللحصول على المواصفة البيانية للعمل بدون تحميل ، التى تمر عبر بداية الاحداثيات ، تراح المواصفة البيانية المرسومة على محور السينات بمقدار القطعة AO ، التى تحصل عن طريق التمديد البيانى للمواصفة البيانية حتى تتقاطع مع محور السينات (الشكل ١٧٩) .

يجرى فحص المعطيات المقدره للمكنة العاملة بالتيار المستمر ، والتى تذكر على لوحة المكنة ، فى نظام العمل الاعتيادى خلال مدة لا تقل عن ٦٠ دقيقة . ويحدد عندئذ فى المحرك والمولد تيار التحريض عند الحمولة



الشكل ١٧٩ - مواصفة عمل مكنة التيار المستمر دون التحميل

المقدرة وعدد الدورات المقدر ، وبشكل اضافى يحدد عدد دورات المحرك عند الحمولة المقدرة وتيار التحريض المقدر . ونقدر كذلك أثناء هذا الاختبار درجة ظهور الشرر تحت طرف الفرشاة (الجدول ٢٧) .

الجدول ٢٧

تقدير درجة الشرر فى المكثات ذات الموحد

درجة الشرر	مواصفات درجة الشرر	حالة الموحد والفراشى
١	غياب الشرر (المنطقة مظلمة)	عدم وجود السواد على الموحد والهباب على الفراشى
$1\frac{1}{4}$	شرر نقطى ضعيف تحت قسم صغير من الفراشى	عدم وجود السواد على الموحد والهباب على الفراشى
$1\frac{1}{2}$	شرر ضعيف تحت قسم كبير من الفرشاة	ظهور آثار الاسوداد على الموحد تزال بسهولة بمسح الموحد بالبنزين، وكذلك ظهور آثار الهباب على الفراشى
٢	ظهور الشرر تحت طرف الفرشاة كله	ظهور آثار الاسوداد على الموحد لا تزال بمسح السطح بالبنزين، وكذلك ظهور آثار الهباب على الفراشى
٣	شرر شديد تحت طرف الفرشاة بكامله مع وجود الشرارات الكبيرة المتطايرة	اسوداد شديد على الموحد، لا يزال بمسح السطح بالبنزين، وكذلك تشييط الفراشى وتفتتها

وبعد مضى ٦٠ دقيقة من العمل فى النظام الطبيعى ، يجب ان لا تزيد درجة الشرر عن ١,٥ .

ويجرى فحص التوحيد عند فرط التحميل القصير الامد للمكثات العاملة بالتيار المستمر عن طريق زيادة شدة التيار بمعدل ٥٠٪ اكثر من القيمة المقدرة خلال دقيقة واحدة . ويجب ان لا تزيد درجة الشرر عندئذ عن ٢ (الجدول ٢٧) .

البند ٦١ - اختبارات محولات القدرة بعد اصلاحها

بعد الاصلاح الشامل لمحولات القدرة التي تصل قدرتها حتى ١٠٠٠٠ كيلوفولط أمبير ، وفلطيتها حتى ٣٥ كيلوفولط ، تجرى الاختبارات التالية : أ) فحص معامل التحويل ؛ ب) فحص مجموعة توصيلات الملف ؛ ج) قياس مقاومة الملفات للتيار المستمر ؛ د) اختبار المتانة الكهربائية لعينات الزيت ؛ هـ) قياس مقاومة العازل ؛ و) اختبار المتانة الكهربائية للعازل ؛ ز) قياس الضياعات عند العمل بدون حمولة ؛ ح) قياس الفلطية والضياعات الناجمة عن قصر الدائرة ؛ ط) فحص خزان المحول والتأكد من احكامه . وينصح باجراء الاختبارات حسب البندين أ و ب قبل الاختبارات حسب البندين ز ، ح . كما ان الاختبارات حسب البنود د ، هـ ، و ، ز يجب اجراؤها بنفس التسلسل الوارد .

فحص معامل التحويل . يطلق اسم معامل التحويل على نسبة الفلطية في ملف الجهد العالى الى الفلطية في ملف الجهد المنخفض اثناء عمل المحول بدون حمولة . وهذه النسبة تسمح كذلك بتحديد صحة عدد اللفات في الملف .

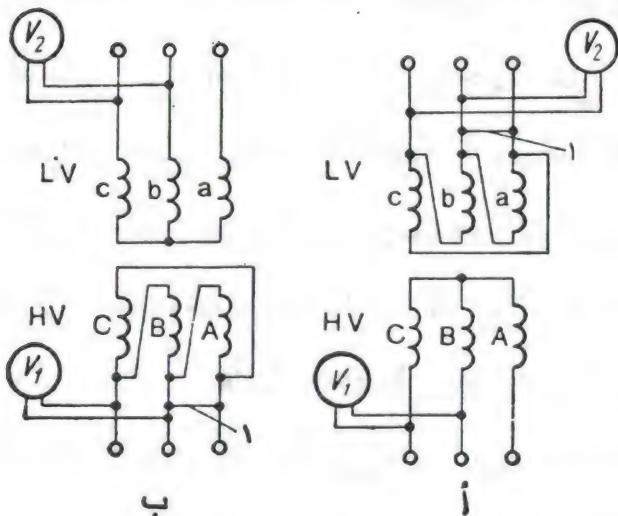
تعتمد ثلاث طرق لتحديد معامل التحويل ، بما فيها طريقة مقياسي الفولط التي تعتبر ابسط الطرق وأكثرها ملاءمة في ظروف ورشات الاصلاح ، بالرغم من ان هذه الطريقة من حيث الدقة تتراجع امام الطريقتين الأخريتين . ويتم تحديد معامل التحويل لجميع فروع الملفات ولجميع الاطوار . وينصح بقياس معامل التحويل لدى المحولات الثلاثية الاطوار عن طريق القياس في آن واحد للفلطية الخطية في ملف الفلطية العالية وفي ملف الفلطية المنخفضة عند التمرير الثلاثي الاطوار . ويسمح كذلك بتحديد معامل التحويل بموجب الفلطيات الطورية المقاسة للاطوار الموافقة (اذا كان ذلك ممكنا من الناحية الفنية) عند التحريض الاحادى الطور او التحريض الثلاثي الاطوار .

ويستحسن عند اجراء الاختبار توصيل فلطية مخفضة ، ولكن لا تقل عن ١٪ من الفلطية المقدرة .

ويحسب معامل التحويل بتقسيم الفلطية المقاسة في ملف انجهد العالى على فلطية ملف الجهد المنخفض بدقة حتى الرقم الرابع بعد الصفر ، لذا فانه لا ينصح باستخدام المسطرة اللوغاريتمية للتقسيم .

وعند اجراء التجربة يجب اعارة اهتمام خاص لتناظر الفلطية الثلاثية الاطوار الموصولة مع المحول . وبالرغم من ان منظومة الفلطيات الثلاثية الاطوار تعتبر متناظرة عمليا اذا كانت كل فلطية خطية تختلف بما لا يزيد عن ٤,٥٪ من المتوسط الحسابى للفلطيات الخطية الثلاثة ، غير انه حتى عند عدم التناظر الصغير هذا يمكن حدوث الاخطاء عند تحديد معامل التحويل بموجب الفلطيات الخطية ، تفوق كثيرا الحدود المسموح بها .

لذا ، فعند وجود عدم التناظر فى منظومة التغذية بالفلطيات الثلاثية الاطوار (حتى فى حدود ٤,٥٪ من المتوسط الحسابى لقيمتها) يستحسن تحديد معامل التحويل عن طريق قياس الفلطيات الطورية . واذا لم يكن بالامكان تنفيذ ذلك (بسبب عدم امكانية الوصول الى نقطة الصفر) يسمح عندئذ بتحديد معامل التحويل عند اختبار المحولات الثلاثية الاطوار التى وصلت ملفاتها بشكل مثلث او نجمة ، حسب الطريقة التالى شرحها . ويقصر أحد اطوار الملف الموصول بشكل نجمة (مثلا الطور A) بواسطة توصيلة توضع على المآخذ الخطية الموافقة . ومن ثم تقاس الفلطيات الخطية لملف الجهد العالى وملف الجهد المنخفض للطورين الحرين الباقيين (الشكل ١٨٠) مع التحريض الاحادى الطور . وتساوى نسبة الفلطيات المذكورة $2k_f$ عند



الشكل ١٨٠ - مخطط القياس لتحديد معامل التحويل الطورى عند عدم الوصول للنقطة الصفرية :

- أ - «شكل نجمة» على الجهة العالیه
- الفلطية ، ب - «شكل مثلث» على الجهة العالیه الفلطيّة ؛ 1 - وصلة قصر الدائرة ،
- V - مقياس الفولط

التوصيل بشكل «نجمة» على جهة ملف الجهد العالى (الشكل ١٨٠ ، أ) أو $1/2 k_f$ عند التوصيل بشكل «مثلث» على جهة ملف الجهد العالى (الشكل ١٨٠ ، ب) ، حيث k_f - معامل التحويل الطورى . وبطريقة مشابهة تجرى نفس القياسات عند تقصير كل من الطورين B و C .

يسمح باختلاف معامل التحويل المقاس عن قيمته الحسابية بما لا يزيد عن $\pm 1\%$ للمحولات التى يساوى معامل تحويلها ٣ وأقل ، وبما لا يزيد عن $0,5\%$ لجميع المحولات الاخرى .

عند قياس معاملات التحويل الطورية يجب الأخذ بعين الاعتبار العلاقات التالية بين المعامل الطورى للتحويل k_f والمعامل الخطى k_1 :

أ) كلا ملفى المحول (ملف الجهد العالى وملف الجهد المنخفض) موصولان بشكل مشابه (على شكل «نجمة» أو «مثلث») ، $k_f = k_1$ ؛

ب) ملف الجهد العالى موصول على شكل «نجمة» ، اما ملف الجهد المنخفض فهو موصول بشكل «مثلث» ، $k_f = k_1/\sqrt{3}$ ؛

ج) ملف الجهد العالى موصول على شكل «مثلث» ، أما ملف الجهد المنخفض فهو موصول بشكل «نجمة» $k_f = \sqrt{3} \cdot k_1$.

فحص مجموعة توصيل الملفات . كما هو معروف ، فان رقم مجموعة

التوصيل يدل على قيمة الانزياح الزاوى لأشعة (موجهات) القوى المحركة الكهربائية الخطية لملف الفلطية المنخفضة بالنسبة لأشعة القوى المحركة الكهربائية الموافقة (التي تحمل نفس الاسم) لملف الفلطية العالية . فاذا

تخيلنا ان احد اشعة الفلطية الخطية لملف الفلطية العالية ينطبق على ابرة الدقائق فى الساعة ، الموجهة على الرقم ١٢ من مينا الساعة ، وان الشعاع

الموافق من ملف الفلطية المنخفضة ينطبق على ابرة الساعات ، فان هذه الابرة تدل على رقم مجموعة التوصيل لملفات المحول . وتدعى هذه الطريقة

لرمز مجموعة التوصيل بالطريقة الساعية . واذا ضربنا رقم مجموعة التوصيل على ٣٠ ، فاننا نحصل على قيمة زاوية الانزياح بالدرجات ، بين اشعة

القوى المحركة الكهربائية فى ملفات الفلطية العالية والمنخفضة .

ويمكن الحصول على مجموعة التوصيل هذه او تلك نتيجة للف

المختلف (يميني او يسارى) والوصل المختلف لبدائيات ونهايات اطوار الملفات عند توصيلها على شكل «نجمة» ، «مثلث» او «خط متعرج» .
يسمح طبقا للمقاييس الحكومية بالنسبة لجميع المحولات الثلاثية الاطوار ، بمجموعة التوصيل * ٠ (صفر) و ١١ ، ويسمح للمحولات الاحادية الطور فقط بمجموعة الصفر . ويبين الشكل ١٨١ المخططات التى تلبى

مخططات توصيل الملفات		مخططات اشعة القوى المحركة الكهربائية		الرموز الاصطلاحية
HV	LV	HV	LV	
				$Y/\star - 0$ المجموعة الصفرية
				$Y/\Delta - 11$ المجموعة ١١
				$\star/\Delta - 11$ المجموعة ١١
				$Y/\star - 11$ المجموعة ١١
				$\Delta/\star - 11$ المجموعة ١١
				$1/1 - 0$ المجموعة الصفرية

الشكل ١٨١ - مخططات ومجموعات توصيل الملفات فى المحولات الاحادية الطور والثلاثية الاطوار . ذات الملحق

* سابقا كانت هذه المجموعة تدعى بالمجموعة ١٢

هذه المتطلبات لتوصيل ملفات الفلظية العالية والمنخفضة للمحولات الثلاثية الاطوار والاحادية الطور والمحولات الحاوية على ملفين ، وكذلك المخططات البيانية لاشعة القوى المحركة الكهربائية الطورية ومصطلحات رموزها .

يمكن للخطأ الحاصل فى تنفيذ مجموعة توصيلات المحول المصلح ، ان يسبب عواقب وخيمة عند تشغيله مع المحولات الاخرى . ويجرى فحص مجموعة التوصيلات باحدى الطرق التالية : بالطريقة المباشرة (المقياس الطورى) ، وبطريقة مقياس الفولط وبطريقة التيار المستمر . ويمكن فى ظروف منشآت الاصلاح ان ننصح باستخدام الطريقتين الاوليتين لجميع المحولات . ويجب استخدام طريقة التيار المستمر لفحص المحولات الاحادية الطور .

ان الطريقة المباشرة لفحص مجموعة التوصيلات ، تتطلب استخدام مقياس خاص هو المقياس الطورى ذو المربعات الاربعة . ويوصل ملف المقياس الطورى بالتسلسل عبر الريوستات العالى المقاومة مع مآخذ أحد الملفات ، أما الملف الموازى للمقياس الطورى فيوصل مع المآخذ المسماة بنفس الاسم للملف الآخر للمحول الجارى فحصه ، ويغذى المحول بفلظية غير كبيرة تكفى لينحرف مؤشر المقياس الطورى. ويدل هذا الانحراف على زاوية الانزياح بين أشعة القوى المحركة الكهربائية الخطية بالدرجات واذا قسمنا هذا المدلول على ٣٠ ، فاننا نحصل على رقم مجموعة التوصيل فى الحساب الساعى . ويعاد احيانا تدرج المقياس الطورى المخصص لفحص مجموعة توصيلات المحولات المصلحة ، بالطريقة الملائمة بحيث يبين المؤشر مباشرة رقم مجموعة التوصيل .

عند تحديد مجموعة توصيل المحولات الثلاثية الاطوار ، لا بد من اجراء ما لا يقل عن قياسين لزوجين من المآخذ الموافقة .

طريقة مقياسى الفولط ، تستخدم فى تلك الحالات التى لا يتوفر فيها المقياس الطورى . وفحص المحول بهذه الطريقة توصل مع بعضها المآخذ ذات الاسم الواحد لملفات الفلظية العالية والفلظية المنخفضة لأحد الاطوار ، مثلا المآخذ A و a . ويغذى ملف الفلظية المنخفضة بفلظية مخفضة U_{1v} ،

وتقاس بالتتابع الفلطيات بين المآخذ $B-b$ ، $C-b$ ، $B-c$ (للمحولات الثلاثية الاطوار) ، او الفلطية بين المآخذ $X-x$ (عند اختبار المحولات الاحادية الطور) . ثم تقارن الفلطيات المقاسة مع الفلطيات الحسابية الموافقة ، المحسوبة بالصيغ الواردة في الجدول ٢٨ ، حيث k_1 - المعامل الخطي للتحويل لدى المحول المفحوص (الحسابي) . اذا انطبقت القيم الحسابية والمقاسة للفلطيات ، فان هذا يدل على تطابق مجموعة التوصيل . ومن الجدير بالذكر ان هذه الطريقة تعطي نتائج مقبولة فقط عند التناظر الصارم للمنظومة الثلاثية الاطوار للفلطيات ، التي تغذى المحول اثناء الفحص . واذا كانت المنظومة الثلاثية الاطوار غير متناظرة ، فان هذه الطريقة للفحص غير مضمونة .

طريقة التيار المستمر ، تستخدم لفحص مجموعة توصيلات المحولات الاحادية الطور . وهذه الطريقة غير ملائمة للمحولات الثلاثية الاطوار ، بسبب ضرورة القيام بقياسات كثيرة جدا .

وعند فحص مجموعة توصيل المحول الاحادى الطور بطريقة التيار المستمر ، يوصل منبع للتيار المستمر مثل المدخرة ذات الفلطية الصغيرة ، مع ملف الفلطية العالية ، اى مع المآخذ $A-X$ من خلال القاطع السكينى ، وتكون الفلطية الصغيرة محسوبة بحيث يكون التيار فى الملف لا يزيد عن ١٪ من قيمته الاسمية ، ويوصل المآخذ الموجب لمنبع التيار المستمر مع المآخذ A .

تفحص القطبية (« + » او « - ») على المأخذين A و X بواسطة مقياس الفولط الكهروطيسى . وبعد التأكد من ان القطب « + » للمنبع موصول مع المآخذ A ، يفصل مقياس الفولط عن مآخذ ملف الفلطية العالية ، ليوصل مع مآخذ ملف الفلطية المنخفضة ، بحيث يكون القطب « + » فى مقياس الفولط موصولا مع المآخذ a ، اما القطب « - » فيوصل مع المآخذ « x » . اذا وصلنا الآن دائرة التيار فى ملف الفلطية العالية بالقاطع السكينى ، فان مؤشر مقياس الفولط الكهروطيسى الموصول مع مآخذ ملف الفلطية المنخفضة ، ينحرف فى لحظة التوصيل . واذا كان انحراف المؤشر موجهها

تحديد مجموعة توصيل ملفات المحول بموجب معاملات التحويل

مجموعة التوصيل	انزياح اشعة الفلظيات الخطية	المخططات الممكنة لتوصيل الملفات	U_{x-x} أو U_{b-B}	U_{b-C}	U_{c-B}
0 (12)	0(360)	$1/1$ Y/Y Δ/Δ ; Δ/Z	$U_{1v} \sqrt{1 - \sqrt{\frac{1}{3}} k_1 + k_1^2}$	$U_{1v} \sqrt{1 - k_1 + k_1^2}$	$U_{1v} \sqrt{1 - k_1 + k_1^2}$
1	30	Y/ Δ Δ/Y ; Y/Z	$U_{1v} \sqrt{1 - k_1 + k_1^2}$	$U_{1v} \sqrt{1 - \sqrt{\frac{1}{3}} k_1 + k_1^2}$	$U_{1v} \sqrt{1 + k_1 + k_1^2}$
2	60	Y/Y Δ/Δ Δ/Z	$- U_{1v} \sqrt{1 + k_1^2}$	$U_{1v} (k_1 - 1)$	$U_{1v} \sqrt{1 + k_1 + k_1^2}$
3	90	Y/ Δ Δ/Y ; Z/Z	$U_{1v} \sqrt{1 + k_1 + k_1^2}$	$U_{1v} \sqrt{1 - \sqrt{\frac{1}{3}} k_1 + k_1^2}$	$U_{1v} \sqrt{1 + \sqrt{\frac{1}{3}} k_1 + k_1^2}$
4	120	Y/Y Δ/Δ ; Δ/Z	$U_{1v} \sqrt{1 + k_1 + k_1^2}$	$U_{1v} \sqrt{1 - k_1 + k_1^2}$	$U_{1v} (1 + k_1)$
5	150	Δ/Δ Δ/Y ; Y/Z	$U_{1v} \sqrt{1 + \sqrt{\frac{1}{3}} k_1 + k_1^2}$	$U_{1v} \sqrt{1 + k_1^2}$	$U_{1v} \sqrt{1 + \sqrt{\frac{1}{3}} k_1 + k_1^2}$
6	180	$1/1$ Y/Y Δ/Δ Δ/Y	$U_{1v} (k_1 + 1)$	$U_{1v} \sqrt{1 + k_1 + k_1^2}$	$U_{1v} \sqrt{1 + k_1 + k_1^2}$
7	210	Y/ Δ ; Δ/Y ; Y/Z	$U_{1v} \sqrt{1 + \sqrt{\frac{1}{3}} k_1 + k_1^2}$	$U_{1v} \sqrt{1 + \sqrt{\frac{1}{3}} k_1 + k_1^2}$	$U_{1v} \sqrt{1 + k_1^2}$
8	240	Y/Y Δ/Δ ; Δ/Z	$U_{1v} \sqrt{1 + k_1 + k_1^2}$	$U_{1v} (k_1 - 1)$	$U_{1v} \sqrt{k_1 - k_1 + k_1^2}$
9	270	Y/ Δ ; Δ/Δ ; Y/Z	$U_{1v} \sqrt{1 + k_1^2}$	$U_{1v} \sqrt{1 + \sqrt{\frac{1}{3}} k_1 + k_1^2}$	$U_{1v} \sqrt{1 - \sqrt{\frac{1}{3}} k_1 + k_1^2}$
10	300	Y/Y; Δ/Δ Δ/Z	$U_{1v} \sqrt{1 - k_1 + k_1^2}$	$U_{1v} \sqrt{1 + k_1 + k_1^2}$	$U_{1v} (k_1 - 1)$
11	330	Δ/Δ Δ/Y Y/Z	$U_{1v} \sqrt{1 - \sqrt{\frac{1}{3}} k_1 + k_1^2}$	$U_{1v} \sqrt{1 + k_1^2}$	$U_{1v} \sqrt{1 - \sqrt{\frac{1}{3}} k_1 + k_1^2}$

الى الاتجاه الموجب ، فان مجموعة التوصيل لدى المحول الجارى فحصه تكون مجموعة صفرية (١٢) ، اما اذا كان انحراف المؤشر موجهها نحو الاتجاه السالب ، فان مجموعة التوصيل تكون المجموعة السادسة .

قياس مقاومة ملفات المحول للتيار المستمر ، ينفذ لجميع الفروع التى يمكن التوصل اليها فى ملفات جميع الاطوار ، وتقاس عادة ، المقاومات بين المآخذ الخطية . وعندما يمكن التوصل الى المآخذ الصفرى يسمح بقياس المقاومات الطورية على شرط ان لا تزيد مقاومة الدائرة الصفرية للمآخذ من ٢٪ من المقاومة الطورية للملف .

وعند قياس المقاومة تثبت درجة حرارة الملف . ويسمح باعتماد درجة حرارة ملف المحول الزيتى المفصول لمدة طويلة ، على انها درجة حرارة الطبقات العلوية لازيت فى المحول ، اما اذا كان المحول المفصول لمدة طويلة فى وسط درجة حرارته لا تتغير عمليا ، فتؤخذ درجة حرارته على انها درجة حرارة الوسط المحيط (الهواء) .

لا تختلف طريقة قياس مقاومة ملفات المحول للتيار المستمر عمليا عن طرق قياس مقاومة الملفات فى المكنات ، التى ورد شرحها اعلاه . عند اجراء القياسات بطريقة هبوط الفلظية (بطريقة مقياس الامبير ومقياس الفولط) يجب ان لا يزيد التيار عن ٢٠٪ من التيار المقدر للملف المعطى للمحول . ويجب ان لا يزيد انحراف المقادير المقاسة عن الحسابية بمعدل ٢٪ . -

اختبار المتانة الكهربائية لعينة من الزيت . يجب ان يلبي زيت المحولات المتطلبات الواردة فى الجدول ٢٩ من حيث الفلظية الخارقة .

يجرى فحص زيت المحولات بمساعدة اجهزة خاصة . ومن الضرورى اخذ عينة الزيت من خزان المحولات التى تكون فلظيتها ٣٥ كيلوفولط وأعلى ، وكذلك عندما تكون قدرة المحول أعلى من ١٠٠٠ كيلوفولط أمبير مهما كانت الفلظية . أما بالنسبة للمحولات ذات القدرة الاصغر والفلظية الاقل ، فيسمح فى بعض الظروف باخذ عينة الزيت ليس من الخزان ، وانما من الوعاء الذى يحفظ فيه الزيت .

شروط تكنولوجية لزيوت المحولات من حيث الفلطة الخارقة

الفلطية الخارقة لا تقل عن ، كيلوفولط		الفلطية المقدرة للمحولات كيلوفولط
الزيت الطازج	الزيت الاستثماري	
٣٥	٢٠	اقل من ١٠
٣٥	٢٥	من ١١ الى ٣٥
٤٠	٣٥	من ٣٥ الى ٢٢٠

قياس مقاومة عازل المحول يجرى بواسطة مقياس ميغا اوم محسوب لفلطية ٢٠٠٠ - ٢٥٠٠ فولط بحيث يكون الحد العلوى للقياس لا يقل عن ١٠٠٠٠ ميغا اوم. ويسمح باستخدام مقياس ميغا اوم محسوب على ٥٠٠ و ١٠٠٠ فولط مع الحد العلوى للقياس ١٠٠٠ ميغا اوم من اجل المحولات التى تصل قدرتها حتى ٦٣٠ كيلوفولط أمبير . ويجب القيام بالقياس عندما تكون درجة حرارة الطبقات العلوية للزيت لا تقل عن 10°C . وفى المحولات التى تعادل قدرتها ١٠٠٠ كيلوفولط امبير واعلى ، يسمح باجراء القياس ليس بأقل من ١٢ ساعة بعد سكب الزيت فى الخزان . وقبل بداية كل قياس يجب تأريض الملف الجارى فحصه خلال فترة لا تقل عن دقيقتين .

تؤخذ قراءة مقاومة العازل مرتين : بعد مضي ١٥ ثانية R_{15} وبعد مضي ٦٠ ثانية R_{60} من تطبيق الفلطة .

ويجرى القياس عندما تكون مخططات التوصيل كما يلى : يؤرض ملف الفلطة العالية والخزان عند قياس مقاومة عازل ملف الفلطة المنخفضة ؛ ويؤرض ملف الفلطة المنخفضة والخزان عند قياس مقاومة عازل ملف الفلطة العالية ؛ يؤرض الخزان ويوصل ملفا الفلطة العالية والفلطة المنخفضة احدهما مع الاخر عند قياس مقاومة عوازل الملفات بالنسبة للخزان (ينفذ هذا القياس لدى المحولات التى تزيد قدرتها على ١٠٠٠ كيلوفولط أمبير) .

وعند قياس مقاومة العازل يوصل السلك من الخزان مع المأخذ E (ارض)
لمقياس الميغا اوم، اما سلك الملف فيوصل مع المأخذ L (خط) ؛ وعند
قياس مقاومة العازل بين الملفات يجب وصل السلك من ملف الفلظية المنخفضة
مع المأخذ E ، ووصل السلك من ملف الفلظية العالية مع المأخذ L .

ويعطى قياس القيم R_{60} و R_{15} امكانية تحديد معامل الامتصاص
لملف المحول : $C_{60} = R_{60}/R_{15}$. وليس للمدلولات R_{60} ، R_{15} ،
 C_{60} مقاييسات عيارية ، لأن قيمها لا تتعلق فقط بحالة العازل وانما تتعلق
ايضا بأبعاد وتصميم المحول .

ويعتبر عادة في التطبيق العملي ان معامل الامتصاص C_{60} يجب
ان لا يقل عن ١,٣ عندما لا يكون العازل مرطبا وعندما تكون درجة حرارة
الملف حوالى ٢٠ - ٣٠ °م .

اختبار المتانة الكهربائية للعازل . يتم اختبار المتانة الكهربائية للمحولات
بطريقتين :

— بتطبيق الفلظية العالية ذات التردد الاعتيادى (عندئذ تتعرض للاختبار
العوازل الرئيسية للمحول) ؛

— بتحريض فلظية عالية ترددها من ١٠٠ الى ٤٠٠ هرتز فى المحول
ذاته (عندئذ تتعرض للاختبار بشكل رئيسى العوازل الطولية للمحول) .
عند اجراء الاختبار بتطبيق فلظية عالية ترددها اعتيادى ، تقصر مأخذ
ملفى الفلظية العالية والفلظية المنخفضة (لكل ملف على حدة) ، ويؤرض
احد الملفين مع خزان المحول ، اما الفلظية العالية الواردة من وحدة الاختبار
(محول الاختبار) فتوصل مع الملف المؤرض (المأخذ الثانى لوحدة الاختبار
مؤرض) .

يفحص اولا ملف الفلظية المنخفضة ثم ملف الفلظية العالية ، ويتم
رفع الفلظية تدريجيا بدءا من الصفر حتى ٤٠٪ من قيمته بسرعة اختيارية ،
ومن ثم ترفع الفلظية بشكل انسيابى بسرعة تعادل ٣٪ من قيمة الفلظية فى
الثانية الواحدة .

ويجب ان لا تقل قدرة الوحدة الاختبارية (محول الاختبار) عن ١٪

من قدرة المحول الجارى اختباره . وتوضع تجهيزة الضبط (المحول الذاتى للتغيير ، ومنظم الجهد وغير ذلك) فى الجانب المنخفض الفلطية لمحول الاختبار .

يحافظ عند اجراء الاختبار على الفلطية العالية خلال دقيقة واحدة ، ثم تخفض الفلطية بشكل انسيابى خلال ٥ ثوان حتى قيمة ٢٥ - ٣٠ % ، وبعد ذلك تفصل الفلطية .

يجرى الاختبار بتطبيق الفلطية العالية عندما تكون درجة حرارة الطبقات العلوية للزيت حوالى + ٢٠ ° م ، وبعد مضى ١٠ - ٢٠ ساعة على سكب الزيت (لكى تخرج فقاعات الهواء من الزيت) .

يعتبر المحول قد اجتاز الاختبار بنجاح اذا لم يحصل خرق للعازل اثناء الاختبار او خروج الغازات والدخان ، وكذلك اذا لم يحصل انخفاض فلطية الاختبار .

يبين الجدول ٣٠ الفلطيات الاختبارية المستخدمة عند اختبار العازل الرئيسى للمحولات الزيتية بتطبيق الفلطية العالية ذات التردد الاعتيادى . ينصح باجراء اختبار العازل الطولى بالفلطية الحثية (المحرضة) ، للمحولات المصلحة (فى حال توفر الامكانيات الفنية) ، ويكون هذا الاختبار الزاميا للمحولات الجديدة . وينفذ الاختبار فى نظام العمل بدون تحميل ، عن طريق توصيل الفلطية المقدرة المزدوجة ذات التردد المرتفع من ١٠٠ الى ٤٠٠ هرتز ، الى مأخذ احد الملفات ، مع العلم بان التردد المرتفع يساهم فى تجنب الزيادة المفرطة لتيار التمغنط .

يستمر الاختبار دقيقة واحدة بالتردد ١٠٠ هرتز ، ومع ازدياد التردد يقل زمن الاختبار بشكل يتناسب معه ، على أن لا يقل عن ٢٠ ثانية . وتطبق الفلطية انمحرضة الاختبارية وتترع بشكل انسيابى ، كما فى طريقة الاختبار بتطبيق الفلطية ذات التردد الصناعى .

قياس الضياعات وقياس شدة التيار عند عمل المحول بدون تحميل . عند اجراء هذه الاختبارات توصل الفلطية المقدرة ذات التردد الاعتيادى مع احد ملفى المحول (عادة مع ملف الفلطية المنخفضة) ، بينما تكون دائرة الملف الآخر مفتوحة .

الفلطيات الاختبارية للعازل الرئيسى لملفات المحولات الزيتية (مع المآخذ) عند التردد ٥٠ هرتز

صنف عازل الملفات بالنسبة للفلطية، كيلوفولط							ظروف الاختبار
٣٥	٢٠	١٥	١٠	٦	٣	اقل من ٠,٥٢٥	
٨٥	٥٥	٤٥	٣٥	٢٥	١٨	٥	١ - فلطية الاختبار فى المصنع، كيلوفولط
							٢ - فلطية الاختبار بعد الاصلاح الشامل:
							- مع التبديل الجزئى للملفات والعوازل (٠,٩ من الفقرة ١)،
٧٦	٤٩	٤٠	٣١	٢٢	١٦	٤,٥	كيلوفولط
							- بدون تبديل الملفات والعوازل (٠,٨٥ من الفقرة ١)،
٧٢,٢	٤٦,٧	٣٤,٠	٢٩,٦	٢١,٢	١٥,٣	٤,٢٥	كيلوفولط

ملاحظة : بعد الاصلاح العام مع التبديل الكامل للملفات والعوازل فى مصانع الاصلاح تطبق المعدلات المصنعية لفلطية الاختبار (الفقرة ١) .

يجب ان تكون فلطية التغذية جيبيه الشكل عمليا ، ويجب ان تكون منظومة فلطيات التغذية الثلاثية الاطوار متناظرة عند اختبار المحولات الثلاثية الاطوار ، ، اى يجب ان لا تختلف كل فلطية خطية عن المتوسط الحسابى أكثر من ٤,٥٪ .

اثناء اجراء التجربة تقاس الضياعات وشدة تيار عمل المحول بدون تحميل ، تقاس القدرة والتيار المستهلكين عند العمل بدون تحميل . وتقاس القدرة المستهلكة للمحولات الثلاثية الاطوار عادة بواسطة مقياس الفولط ؛ ويقاس التيار فى جميع الاسلاك الخطية الثلاثة . وتقاس الفلطيات الخطية الثلاثة الموصولة مع المحول فى وقت واحد.

عند القيام بتجربة العمل بدون تحميل يكون معامل القدرة صغيرا جدا ،

لذا ينصح باستخدام مقاييس واط يكون فيها $\cos \varphi$ صغيرا لهذه الاختبارات ، مثلا الطراز Д542 درجة دقته ٠,٥ .

يؤخذ المتوسط الحسابي لمدلولات مقاييس الامبير الثلاثة بمثابة تيار العمل بدون تحميل عند اختبار المحولات الثلاثية الاطوار ، وتعتمد قيمة فلطية التغذية كمتوسط حسابي لمدلولات مقاييس الفولط الثلاثة .

يمكن ان تفوق الضياعات المقاسة في تجربة العمل بدون تحميل على القيمة العيارية بمقدار ١٥٪ ، اما التيار المقاس للعمل بدون تحميل فيمكن ان يفوق القيمة العيارية بمقدار ٣٠٪ .

اذا اختلفت قيمة التردد عن القيمة الاسمية اثناء القيام بتجربة العمل بدون تحميل (يسمح بحدود $\pm 2\%$) ، من الضروري تغيير فلطية التغذية ، بالفولط ، طبقا للصيغة $U_f = U_n f' / 50$ ، حيث f' - التردد الفعلي ، هرتز ؛ U_n - الفلطية الاسمية ، فولط ؛ U_f - القيمة اللازمة لفلطية الاختبار ، فولط . وعندئذ القيمة المقاسة للتيار على انها تساوى القيمة الفعلية لتيار العمل بدون تحميل ، اما الضياعات المقاسة فيعاد حسابها بموجب الصيغة :

$$P_0 = \frac{P'_0 (1 + \alpha)}{\left(\frac{f'}{50}\right) + \alpha \frac{f'}{50}}$$

حيث P_0 - الضياعات المقاسة عند التردد f' ، واط ؛ $\alpha = 4$ - للفولاذ المدرفل على الساخن ؛ $\alpha = 1$ - للفولاذ المدرفل على البارد .

اذا اختلف الفلطية اثناء التجربة (U') عن الفلطية الاسمية (U_n) ، يجب تحويل القيمة المقاسة للضياعات (P'_0) الى الشروط الاسمية حسب الصيغة $P_0 = P'_0 \left(\frac{U_n}{U'}\right)^2$.

وفي تلك الحالة التي يرافقها اثناء اجراء تجربة العمل بدون تحميل تغيير في الفلطية والتردد عن القيم الاسمية ، فان تحويل الضياعات المقاسة P'_0

الى الشروط الاسمية يتم حسب الصيغة : $P_0 = P'_0 \left(\frac{U_n}{U'}\right)^2 \frac{1 + \alpha}{1 + \alpha \frac{50}{f'}}$

قياس الضياعات والفلطية عند قصر الدائرة . وتنفذ هذه التجربة بالطريقة التالية شرحها ، حيث يقصر احد ملفى المحول ، ويقصر عادة ملف الفلطية المنخفضة عند المآخذ . ويغذى الملف الآخر من منبع فلطية قابلة للتغيير وتياره متناوب وتردده اعتيادي . وتضبط فلطية التغذية بحيث يتولد التيار الاسمي في ملف المحول .

تقاس اثناء التجربة قيمة التيار في جميع الاسلاك الخطية الثلاثة ، وتقاس الفلطيات الخطية الثلاثة ، وكذلك تقاس القدرة المستهلكة من قبل المحول (عادة بموجب مخطط مقياس الفولط) . وتحدد قيمتا الفلطية والتيار كمتوسط حسابي لمدلولات اجهزة القياس في الاطوار الثلاثة . وتسجل عند التجربة درجة حرارة الطبقات العلوية للزيت التي تعتبر درجة حرارة الملف .

ويسمح باجراء الاختبار عندما لا يقل التيار I' عن $\frac{1}{4}$ التيار الاسمي ؛ وعندئذ يتم تحويل الفلطية المقاسة والضياعات عند قصر الدائرة الى التيار الاسمي بموجب الصيغ التالية :

$$U_{sh} = \frac{U'_{sh} I_n}{U_n I'} 100\% \text{ من اجل فلطية قصر الدائرة}$$

$$P_{sh} = P'_{sh} \left(\frac{I_n}{I'} \right)^2 \text{ من اجل ضياعات قصر الدائرة}$$

حيث U'_{sh} - الفلطية المقاسة في التجربة ؛ فواط ؛ I' - التيار في التجربة ، امبير ؛ P'_{sh} - الضياعات المقاسة في التجربة ، واط . ان الضياعات عند تقصير الدائرة بعد تحويلها الى التيار الاسمي ، يجب ان تحول بعد ذلك الى درجة الحرارة الاسمية 75°م بموجب الصيغة $P_{sh.n} = P_{sh} k_t$ ، حيث $k_t = 310(235 + t)$ للملف النحاسي ، او $k_t = 320/245 + t$ للملف المصنوع من الالومنيوم ؛ t - درجة حرارة الملف اثناء التجربة ، $^\circ \text{م}$.

ويجب تحويل فلطية تقصير الدائرة U_{sh} المحولة الى التيار الاسمي ، الى درجة الحرارة الاسمية ايضا ، في تلك الحالة التي تكون فيها المركبة الفعالة لهذه الفلطية U_a تفوق ١٥٪ للفلطية الكاملة لتقصير الدائرة .

وتحسب المركبة الفعالة ، % ، حسب العلاقة : $U_a = \frac{P_{sh}}{10 \cdot P_n}$ حيث P_n - القدرة الاسمية ، كيلوفولط أمبير .

إذا كانت هذه المركبة تفوق ١٥٪ ، فإن تحويل فلطية تقصير الدائرة الى درجة الحرارة الاسمية يتم بموجب الصيغة :

$$U_{sh.n} = \sqrt{U_{sh}^2 + U_a^2 (k_t^2 - 1)}$$

وعندما يختلف التردد في التجربة f' عن التردد الاسمي ، يتم تحويل فلطية تقصير الدائرة الى التردد الاسمي حسب الصيغة :

$$U_{sh.f.n.} = U_{sh} \frac{f_n}{f'}$$

يسمح بالانحراف عن المعدل بالنسبة للقدرة (الضياعات) عند تقصير الدائرة ، وبالنسبة لفلطية تقصير الدائرة ، في حدود $\pm 10\%$.

فحص خزان المحول للتأكد من احكامه . يجرى هذا الفحص عن طريق توليد ضغط زائد للزيت ضمن الخزان . ويجب ان لا تقل درجة حرارة الزيت عن $+10^\circ \text{م}$.

ويعتبر المحول بانه اجتاز الاختبار بنجاح اذا لم نعرثر على تسرب الزيت بعد مضي ٣ ساعات عبر موصلات الاحكام أو أماكن اللحام .

أسئلة للمراجعة

- ١- ما هو الهدف من مختلف انواع الاختبارات بعد اصلاح المكنات ؟
- ٢- ما هي المقاييس والتجهيزات الخاصة التي تستخدم في اختبار ملفات المكنات الكهربائية والمحولات ؟
- ٣- تحدث عن اهداف ومضمون الرقابة المرحلية والاختبارات الجارية عند اصلاح ملفات المكنات الكهربائية والمحولات .
- ٤- ما هي الاختبارات تجرى بعد اصلاح المكنات الالامترامنة ؟
- ٥- تحدث عن طرق القيام باختبارات ما بعد الاصلاح للمكنات المترامنة .
- ٦- ما هو مضمون اختبارات المكنات العاملة بالتيار المستمر بعد اصلاحها ؟
- ٧- تحدث عن اختبارات محولات القدرة بعد اصلاحها .

المحتويات

ص

الباب الأول . تركيب المحولات

- البند ١ - تصنيف المحولات والغاية منها ٥
البند ٢ - المحولات الأحادية الطور ٧
البند ٣ - المحولات الثلاثية الاطوار ١٠
البند ٤ - المحولات الذاتية ٢٦
البند ٥ - محولات القياس ٢٧
البند ٦ - بنية الملفات في محولات القدرة والمحولات الذاتية ٣٢

الباب الثاني . تركيب المكثات الكهربائية

- البند ٧ - تصنيف المكثات الكهربائية والغاية منها ٣٦
البند ٨ - المكثات غير المتزامنة ٣٨
البند ٩ - المكثات المتزامنة ٦١
البند ١٠ - المكثات ذات المبدل ٧٠

الباب الثالث . مواد الموصلات الكهربائية والمغناطيسية

- البند ١١ - اسلاك الملفات ٨٤
البند ١٢ - أسلاك التركيب وقضبان التوصيل ٨٩
البند ١٣ - نحاس الموحدات . الفراشي (الفحم الكهربائي) ٩٢
البند ١٤ - المونة والصهور ٩٢
البند ١٥ - الفولاذ الكهربائي ٩٧

الباب الرابع . المواد العازلة

- البند ١٦ - تصنيف المواد العازلة كهربائيا والغاية منها ١٠٠
البند ١٧ - المواد العازلة الليفية ١٠١

- البند ١٨ - المواد العازلة الغشائية ١٠٥
- البند ١٩ - الانسجة العازلة للكهرباء المشربة بالك ١٠٥
- البند ٢٠ - المواد العازلة المصنوعة من الميكا ١٠٦
- البند ٢١ - المواد العازلة البلاستيكية العديدة الطبقات ١١٠
- البند ٢٢ - مركبات التشريب العازلة كهربائيا ١١٠
- البند ٢٣ - زيت المحولات ١١٦

الباب الخامس . مخططات الملفات المستخدمة في المكنات الكهربائية

- البند ٢٤ - انواع الملفات المستخدمة في المكنات الكهربائية وطرق تمثيلها . . . ١١٧
- البند ٢٥ - مخططات الملفات الثلاثية الاطوار ١٢٢
- البند ٢٦ - مخططات الملفات احادية الطور ١٦٣
- البند ٢٧ - مخططات الملفات لأعضاء الانتاج في مكنات التوحيد ١٧٨

الباب السادس . تنظيم اصلاح المكنات الكهربائية والمحولات

- البند ٢٨ - منظومة الاصلاح الوقائي المخطط، انواع الاصلاح، بنية منشآت الاصلاح الكهربائي ٢٠٠
- البند ٢٩ - النظام المتبع للقيام بعملية اصلاح المكنات الكهربائية والمحولات . . ٢٠٤
- البند ٣٠ - الانواع الاساسية للمعدات الخاصة لاصلاح ملفات المكنات الكهربائية والمحولات ٢٠٧

الباب السابع . تكنولوجيا اعمال التحضير و العزل

- البند ٣١ - تعليم وقص الاغفال من المواد العازلة الصفيحية ٢٢٣
- البند ٣٢ - تصنيع الاجزاء العازلة بالكبس ٢٣٢
- البند ٣٣ - عملية تكبيس وشى الاغفال والاجزاء العازلة ٢٣٣
- البند ٣٤ - تكنولوجيا العزل عند استعادة عازل اسلاك اللف ٢٣٨
- البند ٣٥ - عزل المجارى وقطع تثبيت الملفات في المكنات الكهربائية ٢٤١

الباب الثامن . تكنولوجيا اصلاح الاجزاء العازلة والملفات في المحولات

- البند ٣٦ - المعلومات العامة عن اصلاح الملفات والموازل ٢٤٦
- البند ٣٧ - تصنيع الاجزاء العازلة للمحولات ٢٤٧
- البند ٣٨ - لف الملفات الاسطوانية ٢٥٣
- البند ٣٩ - لف الملف المتواصل ٢٥٩
- البند ٤٠ - لف الملف الحلزوني الأحادي الباب ٢٦٥
- البند ٤١ - تفريعات مآخذ الملفات ٢٧٣

- البند ٤٢ - شد الملفات وكبسها ٢٧٨
- البند ٤٣ - تجفيف ملفات المحولات ٢٨٢
- البند ٤٤ - تشريب وشوى الملفات ٢٨٥
- البند ٤٥ - انجاز الملفات ٢٨٦
- البند ٤٦ - ملفات محولات القياس ٢٨٧
- البند ٤٧ - نظام تسلسل فك المحولات وتجميعها ٢٩٤

الباب التاسع . تكنولوجيا اصلاح الملفات فى المكنات الكهربائية

- البند ٤٨ - التحضير لاصلاح الملف ٣١٦
- البند ٤٩ - ملفات التنزيل للاعضاء الساكنة فى المكنات العاملة بالتيار المتناوب . ٣٢٢
- البند ٥٠ - الملفات ذات الوشائع الجسيئة المستخدمة فى الاعضاء الساكنة لمكنات التيار المتناوب ٣٤٧
- البند ٥١ - ملفات الاعضاء الدوارة الطورية فى المحركات اللامتزامنة . . . ٣٥٢
- البند ٥٢ - ملفات اعضاء الانتاج فى المكنات ذات الموحد ٣٦١
- البند ٥٣ - الوشائع القطبية ٣٧٠
- البند ٥٤ - أعمال الفك والتركيب للمكنات الكهربائية ٣٧٧

الباب العاشر . تثبيت الملفات وتشريبها وتجفيفها . انجاز أعضاء الانتاج

- البند ٥٥ - تثبيت ملفات اعضاء الانتاج والاعضاء الدوارة للمكنات الكهربائية اصلاح الاربطة ٣٨٦
- البند ٥٦ - تشريب الملفات وتجفيفها ٣٩٤
- البند ٥٧ - انجاز اعضاء الانتاج ٤٠٢

الباب الحادى عشر . الرقابة والاختبار عند اصلاح الملفات فى المكنات الكهربائية والمحولات

- البند ٥٨ - انواع الرقابة والاختبار ومضمونها عند اصلاح ملفات المكنات الكهربائية والمحولات. بعض أنواع المقاييس والتجهيزات الخاصة . . ٤١١
- البند ٥٩ - اختبارات الرقابة بعد اصلاح المكنات الكهربائية (اختبارات الاستلام) . ٤٢٣
- البند ٦٠ - طرق اجراء بعض الانواع من اختبارات المكنات الكهربائية . . . ٤٢٤
- البند ٦١ - اختبارات محولات القدرة بعد اصلاحها ٤٤٤

الى القراء الاعزاء

يسر دار «مير» للطباعة والنشر ان تكتبوا اليها عن رأيكم فى هذا الكتاب ، حول مضمونه وترجمته واسلوبه وشكل عرضه ، وتكون شاكرة لكم لو ابدىتم لها ملاحظاتكم وانطباعاتكم . ويسر الدار كذلك ان تعلموها بما ترغبون الاطلاع عليه من الكتب العلمية والتكنيكية السوفييتية التى تصدرها ، والمختارة من أفضل المراجع الجامعية والكتب العلمية المبسطة . وبامكانكم الحصول على اسمائها من الكاتالوجات التى تنشرها الدار باللغات العربية والانجليزية والفرنسية والاسبانية . يرجى ارسال الطلبات الى وكلاء مؤسسة «ميجدونارودنايا كنيغا» السوفييتية المعتمدين فى البلدان العربية .

عنوان دار «مير» :

الاتحاد السوفييتى - موسكو ١١٠ بيرفى ريجسكى بيرىولوك ، رقم ٢ .

”الرسم الصناعى“

تأليف ى. فيشنيبولسكى ، عدد الصفحات
٣٠٠ ، القياس ٢٢×١٥ سم ، مصور ،
غلاف من الكرتون المغشى

يقدم المؤلف مدخلا الى كتابه يشرح فيه اصول الرسم الصناعى وقواعده ، ثم يبين الأهمية العملية للانشاءات الهندسية ، بعدئذ يدرس الاسقاطات المنظورية بشكل عام والاسقاطات العمودية منها بشكل مفصل ، ومن ثم ينتقل الى شرح المقاطع فى الرسوم الهندسية و الصناعية المختلفة ، فيبين آلية تبسيط الرسوم وتفصيلها وتفكيكها . وميزة الكتاب الرئيسية هى أن كل بند منه مرفوق بمسائل مبرمجة هادفة الى تنشيط الخيال الهندسى و تطويره ، وأن خاتمته عبارة عن معطيات شيقة تساعد على ايجاد الأجوبة الصحيحة للمسائل المذكورة . كما أن نص الكتاب معروض بأسلوب مبسط وسلس ومرفوق بالأشكال الملونة .

الكتاب مخصص لطلاب الثانويات الصناعية و المدارس المهنية ويفيد طلاب المعاهد الهندسية المتوسطة و العمال الفنيين .

”المكنات الزراعية“

تأليف أ. كاربنكو، ف. خلانسكي، عدد
الصفحات ٦٠٠ ، القياس ٢٢×١٤ ،
مصور ، الغلاف من الكرتون ، بجاكيت

طرح المؤلفان في هذا الكتاب بأسلوب جيد وسلس التركيب العام للمكنات الزراعية والعمليات التكنولوجية لها ، وطرق التنظيم الأساسية لوحاداتها وذلك لاجل مكننة عمليات تحضير التربة والبذار ونثر الاسمدة ووقاية المزروعات من الامراض والحشرات الضارة وأساليب الري وتهئية الاعلاف وطرق الحصاد ومعاملة الترب بعد حصاد المحاصيل الزراعية الأساسية والبساتين ومزارع الكروم .

ويتضمن الكتاب على معلومات وافية حول الخواص الفيزيوميكانيكية للتربة وللمزروعات وعلى المتطلبات الزراعية لتنفيذ العمليات بواسطة المكنات ، وكذلك على المعلومات العامة حول طرق التنظيم الاولى للاعضاء العاملة للمكنات . كما ويحتوى الكتاب على عدد كبير من الرسوم والجداول لتبيان الخواص التصميمية والتكنولوجية للمكنات الزراعية .

لقد صدرت لهذا الكتاب خمس طبعات باللغة الروسية وحصلت جميعها على تقدير

عال من قبل الاختصاصيين .

ان كتاب المكنات الزراعية مخصص لطلبة الكليات والمعاهد الزراعية كما ويمكن ان يستعمل كمرجع للاخصائيين الزراعيين والميكانيكيين الزراعيين ايضا .

